

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра інженерної екології  
(повна назва кафедри)

"На правах рукопису"

УДК 541; 661.7

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ткачук К.К.  
(ініціали, прізвище)

“ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

**Магістерська дисертація**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 101 «Екологія»  
(код і назва спеціальності)

на тему: «Підвищення екологічної безпеки газорозподільних станцій України при одоризації природного газу»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ОЗ-71мп  
(шифр групи)

Ярмошик Іванна Миколаївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.пед.н., к.хім.н. Кофанова Олена Вікторівна  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент доц., к.т.н. Козлов Сергій Степанович  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України**  
**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

Факультет (інститут) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва)

Кафедра Інженерної екології  
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-професійною  
програмою  
перший (бакалаврський), другий (магістерський)

Спеціальність 101 «Екологія»  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Завідувач кафедри  
 \_\_\_\_\_ Ткачук К.К.  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

### ЗАВДАННЯ

#### на магістерську дисертацію

**Ярмошик Іванні Миколаївні**

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема проекту «Підвищення екологічної безпеки газорозподільних станцій України при одоризації природного газу»  
 науковий керівник дисертації д.пед.н., к.хім.н. Кофанова Олена Вікторівна  
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом по університету від «05» листопада 2018р. № 4089
2. Строк подання студентом проекту грудня 2018 р
3. Об'єкт дослідження: одоранти природного газу етантіол та кротоновий альдегід.
4. Предмет дослідження: вплив викидів парів одорантів на навколишнє природне середовище та здоров'я людей
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати екологічні проблеми процесу одоризації природного газу; обґрунтувати вибір кротонового альдегіду у якості одоранту природного газу шляхом проведення оцінки впливу викидів забруднюючих речовин на навколишнє природне середовище та на здоров'я людей; встановити залежність між викидами забруднюючих речовин

*та кількістю перекачаного природного газу; розробити стартап-проект.*

6. Перелік графічного ( ілюстративного) матеріалу: 7 рисунків, 45 таблиць

7. Орієнтовний перелік публікацій: *матеріали I Науково-технічної конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).*

#### 8. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	Репін Микола Володимирович		

9. Дата видачі завдання

3.09.2018 р

#### Календарний план

№	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк подання етапів проекту	Примітка
1.	Аналіз процесу одоризації природного газу;	08.10.2018 р.	Виконано
2.	Кротоновий альдегід в якості одоранта для газу	30.10.2018 р.	Виконано
3.	Проведення оцінки впливу одорантів на НПС та на здоров'я людей	15.11.2018 р.	Виконано
4.	Розробка стартап-проекту	07.12.2018 р.	Виконано

Студент

(підпис)

Ярмошик І. М.

(прізвище, ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Кофанова О. В.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків. Обсяг пояснювальної записки складає 93 сторінок, яка містить 7 рисунків, 45 таблиць та 6 додатків.

**Мета дослідження** – підвищення екологічної безпеки при одоризації газу шляхом використання одоранту із кращими екологічними характеристиками.

**Об'єкт дослідження** – одоранти природного газу етантіол та кротоновий альдегід.

**Предмет дослідження** – вплив викидів парів одорантів на навколишнє природне середовище та здоров'я людей.

**Задачі дослідження:**

- проаналізувати екологічні проблеми процесу одоризації природного газу;
- обґрунтувати вибір кротонового альдегіду у якості одоранту природного газу шляхом проведення оцінки впливу викидів забруднюючих речовин на навколишнє природне середовище та на здоров'я людей;
- встановити залежність між викидами забруднюючих речовин та кількістю перекачаного природного газу;
- розробити стартап-проект «Синтез кротонового альдегіду».

**Методи дослідження:** системний аналіз науково-технічної літератури, методи сучасних комп'ютерних технологій обробки інформації, зокрема програмні комплекси "EOL+" версія 5 (MS Windows), MS Excel; чисельні методи розв'язання навчальних і науковотехнічних задач.

**Наукова цінність** полягає у встановленні залежності між викидами парів одоранту при заправці ємностей від кількості перекачаного природного газу газорозподільною станцією.

**Практична значимість.** Використання кротонового альдегіду в якості одоранта природного газу дозволить підвищити екологічну безпеку на газорозподільних станціях України

Проведений аналіз технологічного процесу одоризації природного газу; визначено основні екологічні проблеми одоризації; розраховано кількість забруднюючих речовин, які викидаються із блоку одоризації; встановлено залежність між викидами парів одоранту від кількості перекачаного природного газу; здійснено оцінку впливу одорантів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини; розроблений стартап-проект.

**Ключові слова:** ОДОРАНТИ, ЕТАНТІОЛ, КРОТОНОВИЙ АЛЬДЕГІД, ВИКИДИ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ОЦІНКА ВПЛИВУ, ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ОДОРИЗАЦІЯ, ГАЗОРОЗПОДІЛЬНА СТАНЦІЯ.

## ABSTRACT

The master thesis consists of an introduction, 3 chapters, conclusions. The volume of the explanatory note is 93 pages, which contains 7 figures, 45 tables and 6 applications.

**The aim of the research** is to increase environmental safety when odorizing the gas by using odorant with the best environmental characteristics.

**The object of the research** –odorants natural gas ethanliol and croton aldehyde

**The subject of the research** is the effect of emissions of odor vapors on the environment and human health.

**Objectives of the research:**

- analyze the process of odorisation, environmental problems that arise during its implementation;
- to substantiate the choice of croton aldehyde as an odorant by conducting an assessment of the impact of pollutant emissions on the natural and human health;
- develop a startup project.

**The methods of research:** systematic analysis of scientific and technical literature, methods of modern computer technology of information processing, in particular, software complexes "EOL +" version 5 (MS Windows), MS Excel; numerical methods of solving educational and scientific and technical problems.

**The scientific value** is to establish the relationship between the emissions of odor vapor when refueling capacities from the amount of pumped natural gas by the gas distributing station.

**The practical significance.** The use of croton aldehyde as odorant of natural gas will increase the ecological safety at gas distribution stations in Ukraine.

The analysis of the technological process of natural gas odorization is carried out; the basic ecological problems of odorisation are determined; the amount of pollutants emitted from the unit of odorization is calculated; Dependence between emissions of odor vapor from the amount of pumped natural gas is established;

assessed the impact of odorants on the environment and human health; designed startup project.

**Keywords:** ODORANTS, ETHANTOL, CROTON ALDEHID, EMISSIONS, POLLUTING SUBSTANCES, EVALUATION OF EFFECTS, NATURAL GAS, AIRIZATION, GAS-CONSTRUCTION STATION.

## ЗМІСТ

### ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ

I ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП .....	11
1 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ОДОРИЗАЦІЇ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ СТАНЦІЯХ .....	13
1.1 Коротка технологічна характеристика процесів на ГРС .....	15
1.2 Джерела утворення забруднюючих речовин .....	16
1.4 Загальні відомості про одоранти меркаптани .....	22
1.5 Шляхи вирішення екологічних проблем одоризації газу .....	26
Висновки до розділу 1 .....	26
2 КРОТОНОВИЙ АЛЬДЕГІД В ЯКОСТІ ОДОРАНТА ПРИРОДНОГО ГАЗУ.....	28
2.1 Коротка характеристика кротонового альдегіду .....	28
2.2 Методика синтезу кротонового альдегіду .....	30
2.3 Розрахунок викидів забруднюючих речовин на блоці одоризації.....	32
Висновки до розділу 2 .....	36
3 ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН БЛОКУ ОДОРИЗАЦІЇ ГРС.....	37
3.1 Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на навколишнє природне середовище .....	37
3.2 Оцінка впливу забруднюючих речовин на здоров'я людей .....	46
3.3 Встановлення залежності викиду забруднюючої речовини з блоку одоризації в атмосферне повітря від кількості перекачаного природного газу.....	53
Висновки до розділу 3 .....	55
4 СТАРТАП-ПРОЕКТ «СИНТЕЗ КРОТОНОВОГО АЛЬДЕГІДУ».....	57
4.1 Маркетингове дослідження аналізу стартап-проекту .....	57
4.2 Розрахунок еколого-економічного ефекту .....	75
Висновки до розділу 4 .....	79
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82
Додаток А Технологічна схема ГРС.....	88
Додаток Б Паспорт якості газу .....	89



Додаток В Метеорологічні характеристики і коефіцієнти .....	90
Додаток Г Карта розсіювання кротонового альдегіду в атмосферному повітрі	91
Додаток Д Карта розсіювання етантіолу (етилмеркаптана) в атмосферному повітрі .....	92
Додаток Ж Ситуаційна карта-схема розміщення ГРС .....	93

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ГРС – газорозподільна станція

НПС – навколишнє природне середовище

СЗЗ – санітарно-захисна зона

ЗР – забруднюючі речовини

ОНС – охорона навколишнього середовища

ЄО – ємність одоранту

БО – блок одоризації

НМЛОС – неметанові легкі органічні сполуки

ВЗГ – вузол заміру газу

ЗПК – запобіжні пневмокрани

ГДК – гранично допустима концентрація

СМП – суміш природних меркаптанів

МНР – максимально недіючі рівні

МНК – максимально недіючі концентрації

ОБРД – орієнтовно безпечні рівні дії

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Природний газ на теперішній час є одним із пріоритетних енергоресурсів та найбільш екологічно чистим видом палива.

Природний газ не має кольору та характерного запаху, який би вирізняв його з поміж інших газів, і в зв'язку з цим будь-який нецільовий витік може призвести до самозаймання газу, вибуху, отруєнням парами тощо. Для запобігання вище перерахованих проблем природному газу надається запах за допомогою спеціальних речовин – одорантів.

Одоранти – це речовини, які додають до газу, щоб надати йому специфічного запаху, головним чином попереджувального, або за яким можна визначити місця його витоку. Одоризація газу є важливим фактором забезпечення екологічної безпеки при промисловому та побутовому використанні природного газу [1].

В Україні, відповідно до ДСТУ 3377-96, використовується в якості одоранта етилмеркаптан (етантиол). Дана речовина є органічною сполукою, представником ряду тіолів складу  $C_2H_5SH$  [2].

Так як вплив високих концентрацій етилмеркаптану є шкідливим для організму людини, ГОСТ 5542-87 обмежує вміст меркаптанової сірки в паливних газах для побутово-комунального призначення в кількості  $36 \text{ мг/м}^3$  ( $70 \text{ мг/м}^3$  у перерахунку на етилмеркаптан). Нормативне значення концентрації одоранту в газі становить  $16 \text{ мг/м}^3$  [3].

**Мета дослідження** – підвищення екологічної безпеки при одоризації газу шляхом використання одоранту із кращими екологічними характеристиками.

Для досягнення зазначеної мети поставлені та вирішені наступні **задачі**:

- проаналізувати екологічні проблеми процесу одоризації природного газу;
- обґрунтувати вибір кротонового альдегіду у якості одоранту природного газу шляхом проведення оцінки впливу викидів забруднюючих речовин на навколишнє природне середовище та на здоров'я людей;

- встановити залежність між викидами забруднюючих речовин та кількістю перекачаного природного газу;
- розробити стартап-проект «Синтез кротонового альдегіду».

**Методи дослідження:** системний аналіз науково-технічної літератури, методи сучасних комп'ютерних технологій обробки інформації, зокрема програмні комплекси "EOL+" версія 5 (MS Windows) та MS Excel; чисельні методи розв'язання навчальних і науково-технічних задач.

**Об'єкт дослідження** – одоранти природного газу етантіол та кротоновий альдегід.

**Предмет дослідження** – вплив викидів парів одорантів на навколишнє природне середовище та здоров'я людей.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Вперше визначено залежність обсягів викидів парів одоранту від кількості перекачаного природного газу газорозподільною станцією. Обґрунтовано вибір кротонового альдегіду як одоранта.

**Практична значення отриманих результатів.** Використання кротонового альдегіду в якості одоранта природного газу дозволить підвищити екологічну безпеку на газорозподільних станція України.

**Особистий внесок здобувача.** Автором самостійно проведений аналіз літературних джерел, обсягів викидів парів одоранту від кількості перекачаного природного газу газорозподільною станцією, зроблена оцінка впливу одорантів на навколишнє природне середовище та здоров'я людей, розроблено стартап-проект.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на I Науково-технічній конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту .

**Публікації.** За матеріалами дисертації опублікована 1 робота.

## 1 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ОДОРИЗАЦІЇ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ СТАНЦІЯХ

Для визначення існуючих екологічних проблем одоризації природного газу потрібно провести комплексний аналіз сучасних розробок в галузі, детально розглянувши технологічну схему процесу одоризації.

Однією з найпоширеніших є проблема збереження експлуатаційних властивостей одоранту на всіх етапах одоризації. Як відомо, етилмеркаптан був одним із перших промислових одорантів, який використовувався раніше. Однак основним недоліком є його хімічна нестабільність. Вона проявляється у тому, що речовина легко окислюється, і може взаємодіяти із оксидами феруму (утворюються під час корозії внутрішньої частини труби) з утворенням диетиленсульфіду. Як відомо у дисульфідів запах виражений у меншій мірі, ніж у етилмеркаптана, тому це знижує експлуатаційні властивості одоранту [4].

Ще однією із головних проблем є дотримання вимог до одорантів, таких як : наявність різкого запаху, який має викликати у людини стан тривоги; бути неагресивним по відношенню до металів; інертним по відношенню до природного газу; мало розчинним у воді; а також мати низьку собівартість виробництва [5].

Достатньо уваги приділяється ще одній проблемі – утилізації виведених з експлуатації ємностей, оскільки на газорозподільних станціях (ГРС) в якості одоранту використовують меркаптани (речовини підвищеної небезпеки). В роботі [6] пропонується метод окислення залишків речовини озоном у водному розчині. Моделювання процесу озонування показало, що озон швидко окислює всі компоненти залишку одоранту та дезодорує технологічний розчин. Найбільший ефект озонування проходить при  $\text{pH} > 8$ , а утворений розчин після озонування відноситься до речовин 4 класу небезпеки і може використовуватися повторно.

Існує проблема пошуку так званого «ідеального» одоранту. Оскільки найбільш поширеним серед одорантів є етантіол, у складі якого є сірка. Вона

при згорянні утворює токсичні оксиди, тому одним із напрямків пошуку «ідеального» одоранту є отримання речовин з низьким вмістом сірки (або ж без неї взагалі) [7].

Як одним із варіантів вирішення екологічних проблем розглядається можливість заміни суміші природних меркаптанів (СПМ) на перспективні речовини, які б можна було використовувати для процесу одоризації [7].

У європейських країнах в якості одорантів використовуються меркаптани або ж сульфіді; найпоширеніші серед них наведено у табл. 1.1 [8].

Таблиця 1.1 – Одоранти європейських країн

Країна	Одорант	Частка одоранта в газотранспортній системі, %
Австрія	Тетрагідротіофен	93
Чехія	Тетрабутилмеркаптан+ диметилсульфід	90
Німеччина	Тетрагідротіофен	55-70
Швейцарія	Тетрагідротіофен	100
Іспанія	Тетрагідротіофен	100
Франція	Тетрагідротіофен	100
Нідерланди	Тетрагідротіофен	100
Норвегія	Тетрагідротіофен	100
Польща	Тетрагідротіофен	100
Угорщина	Тетрагідротіофен+ тетрабутилмеркаптан	100
Ірландія	Тетрабутилмеркаптан+ диметилсульфід	100
Італія	Тетрагідротіофен	50
	Тетрабутилмеркаптан+ізопропілмеркаптан+N-пропілмеркаптан	50
Швеція	Тетрагідротіофен	99
Великобританія	Тетрабутилмеркаптан+ диметилсульфід	100

### 1.1 Коротка технологічна характеристика процесів на ГРС

Об'єктом екологічної оцінки виступає процес одоризації природного газу на блоці одоризації ГРС України.

ГРС є невід'ємною складовою інфраструктури газотранспортної системи України, адже їх діяльність призначена для зниження тиску природного газу з одночасним вимірюванням його витрат, одоризацією та, за необхідності, підігрівом з метою подальшого розподілу споживачам. З метою реалізації поставлених завдань кожна ГРС, як правило, має у своєму складі наступні вузли: паливний контур, блок редукування, блок одоризації (БО), фільтри очистку газу, замірні лінії [2].

Перед одоризацією природний газ із магістрального газопроводу поступає на вузол редукування, де його тиск знижується і підтримується в межах, встановлених угодою із споживачем газу. Вузол редукування складається з щонайменше двох редукуючих ліній, на кожній з яких послідовно встановлені вхідний кран, установка очистки технологічного газу (залежно від типу проекту ГРС такими виступають сітчасті (вісцинові) фільтри, газосепаратори або пиловловлювачі), регулятор тиску, вихідний кран. Для збору конденсату і вологи, яка виділяється в установках очистки технологічного газу, на ГРС може бути встановлена ємність конденсату.

Після зниження тиску природний газ вимірюється, одоризується і поступає у вихідний газопровід споживачам. На сьогодні у галузі для одоризації використовується етилмеркаптан  $C_2H_5SH$  і СМП. Згідно технологічної схеми ГРС суміш «пари одоранту-пари метану» спалюється факельним методом на спеціально обладнаному джерелі (свіча факельного спалювання парів суміші одоранту та метану БО) або ж нейтралізується за допомогою 5%-го розчину хлорного вапна [9].

Для захисту вихідного газопроводу від підвищення тиску на ньому встановлюються запобіжні клапани. Схемою ГРС передбачається можливість короткочасної подачі газу бейпасною лінією. Для збору конденсату і вологи,

що виділяється у пиловловлювачах або фільтрах, на ГРС встановлена ємність конденсату. Типова функціональна схема ГРС наведена в додатку А.

## 1.2 Джерела утворення забруднюючих речовин

На промислових майданчиках ГРС в середньому розташовується 9 джерел утворення забруднюючих речовин в атмосферне повітря, серед яких найбільш поширеними є: вузол очистки газу, вузол обліку газу, вузол редукування газу, запобіжні клапани, блок одоризації газу, ємність одоранту, підігрівач газу, ємність конденсату [10].

Вузол очистки газу наявний на ГРС для того, щоб очищувати природний газ від механічних домішок та забезпечення підготовки газу для стабільної роботи. Очистка газу здійснюється при високому тиску газу (близько 5-7 МПа) [11].

Вузол обліку газу використовується для комерційного або технологічного обліку витрати природного газу, контролю параметрів газу (тиску, температури). На вузлі редукування газу здійснюється процес редукування тиску природного газу з високого та середнього тиску до необхідного, а також для автоматичного підтримання його в заданих межах, очищення газу від механічних домішок, автоматичного відключення подачі газу при аварійному підвищенні або зниженні вихідного тиску.

Вузол переключення (запобіжні клапани) призначений для скидання частини газу в атмосферу з метою захисту газового обладнання від недопустимого підвищення тиску газу за регулятором .

Блок одоризації призначений для введення одоранту (додання запаху) в потік газу. Газ проходить між гнотами (над поверхнею одоранту), насичується, а потім надходить в газопровід, де змішується з основним газом. Одоризаційна установка також повинна створювати рівномірну одоризацію газу, що транспортується по газопроводах і подається споживачам.



З метою охорони навколишнього середовища (ОНС) на ГРС передбачається установка дезодоратора для нейтралізації парів одоранту.

З метою підвищення надійності роботи технологічного обладнання ГРС і газових мереж після ГРС, призначених для постачання природного газу споживачам, його підігрівують до потрібної температури за допомогою підігрівачів.

Під час виробничої діяльності даних підприємств в атмосферне повітря через організовані джерела викиду (свічі, димові труби) в основному надходять наступні забруднюючі речовини: оксиди карбону, метан, оксиди нітрогену, етилмеркаптан (етантиол), неметанові легкі органічні сполуки (НМЛОС).

### 1.3 Установки для одоризації газу

Установка для одоризації природного газу являє собою пристрій, який забезпечує надходження одоранту у газовий потік, щоб надати йому специфічного запаху, який допомагає виявити витоки.

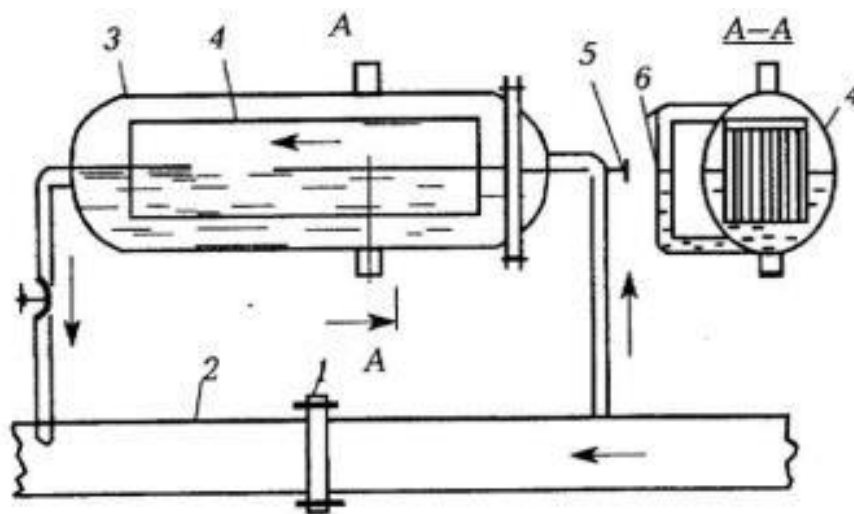
Існує декілька видів установок, які відрізняються між собою типом впливу:

- гнітючі – установки принцип роботи яких полягає у тому, що природний газ насичується парами одоранта під час проходження між фланелями, які просякнуті одорантом;
- барботажні – газ одоризується у барботажній камері, яка містить шар одоранту .
- крапельні – одорант надходить в газову систему каплями при певному визначеному інтервалі через сопло.

На рис. 1.1 зображена схема гнітової, на рис. 1.2 – схема крапельної, на рис. 1.3 – барботажної [12] установок для одоризації природного газу.

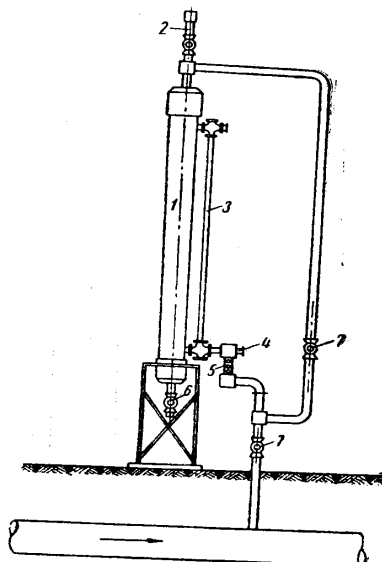
На розглянутих установках налаштування регулювання кількості введення одоранта у природний газ виконується вручну за допомогою вентеля.

Точність дозування залежить від досвідченості обслуговуючого персоналу ГРС.  
 Ступінь одоризації природного газу визначається хроматографічним методом.



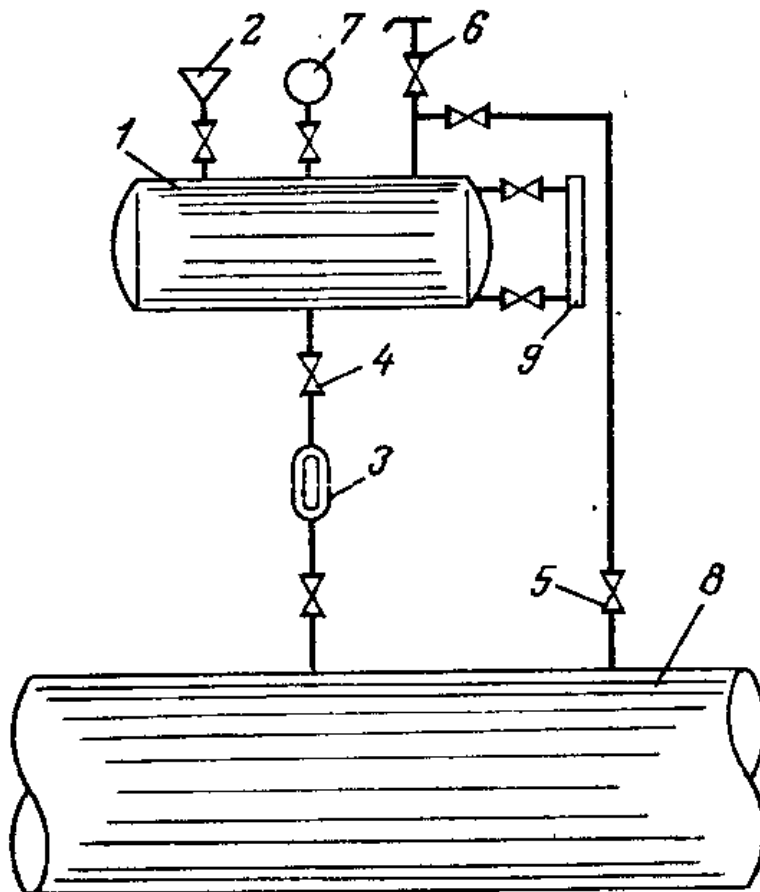
1 – діафрагма, 2 – газопровід, 3 – резервуар, 4 – вертикально підвішений гніт,  
 5 – регулювальний вентиль; 6 – мірне скло.

Рисунок 1.1 – Схема випарного (гнітючого) одоризатора



1 – сталева трубка; 2 – штуцер; 3 – мірне скло; 4 – свічка для  
 втручання газу; 5 – датчик обліку газу; 6 – сопло; 7 – запобіжні клапани

Рисунок 1.2 – Схема крапельної установки для одоризації газу



1 – ємність із одорантом; 2 – воронка; 3 – оглядове скло; 4 – клапан для регулювання подачі одоранта; 5 – клапан для регулювання тиску; 6 – свічка; 7 – манометр; 8 – основний газопровід; 9 – скло через яке видно рівень одоранта у ємності

Рисунок 1.3 – Схема барботажної одоризаційної установки

Одоризаційні установки можуть регулюватися автоматично або ж півавтоматично. Автоматичне регулювання подачі одоранту у газ забезпечує більш точне дозування [13].

Використання дозуючих насосів в установках забезпечує безперервне та надійне надходження визначеної кількості одоранту до природного газу.

В установках із дозуючими насосами одорант додається до газу, що знаходиться у трубі, пропорційно його потоку. Управління дозуючим насосом здійснюється за допомогою вихідних сигналів від лічильника потоку газу. Така



Дозуючі насоси – це герметичні пристрої із гідравлічним приводом, які мають опорну діафрагму із нержавіючої сталі. Зовнішній вигляд шестерного насосу із електромагнітною муфтою серії М-Н, спеціально розробленого для перекачки одорантів, наведено на рис. 1.5 [14].



Рисунок 1.5 – Шестерний насос із електромагнітною муфтою серії М-Н

Розрахунок витрат одоранту в установці за вказаний час визначається по зміні маси стовпчика рідини, вимірюної датчиком тиску, із урахуванням температури, густини одоранту і внутрішнього діаметру мірної ємності за наступними формулами [15]:

- визначення зміни висоти у метрах:

$$H = dP/\rho,$$

де  $dP$  – перепад тисків, виміряний датчиком,  $\text{кгс/м}^2$ ;

$\rho$  – густина одоранта,  $\text{кг/м}^3$ .

- визначення маси одоранта при зміні рівня у кг:

$$\Delta P = (dP1 - dP2) \cdot S,$$

де  $dP_1$  – перепад тисків на початку вимірів, кгс/м<sup>2</sup>;

$dP_2$  – перепад тисків на кінець вимірів, кгс/м<sup>2</sup>;

$S$  – площа мірної ємності, м<sup>2</sup>.

- витрата одоранта за одиницю часу, кг/год:

$$Q_o = (\Delta P \cdot t) / 3600,$$

де  $\Delta P$  – маса одоранта при зміні рівня, кг;

$t$  – час, за який відбулася зміна рівня.

#### 1.4 Загальні відомості про одоранти меркаптани

За характером впливу на організм людини меркаптани відносяться до 1-3 класів небезпечності шкідливих речовин [16], [17]. Зокрема, тіоли (меркаптани) – це сполуки, які мають загальну формулу  $R-SH$ . Вони є аналогами спиртів. Їх розглядають як подібні сірководню  $H_2S$  речовини, в якому один атом водню замінений вуглеводневим залишком [16].

За номенклатурою IUPAC назву тіолів утворюють при додаванні закінчення – «тіол» до назви алкану, якщо група  $-SH$  є головною групою. А якщо ця група неголовна, тоді застосовується префікс «меркапто-» Наприклад,  $CH_3-CH_2-SH$  – етантіол, а  $HS-CH_2-COOH$  – меркаптооцтова кислота.

Одним із найбільш використовуваних представників тіолів є етантіол. Сполука складається із 2 атомів вуглецю, 6 атомів водню та 1 атома сірки. При стандартних умовах є безбарвною, леткою рідиною із дуже неприємним запахом. Етилмеркаптан перебуває у природі як компонент нафти, є одним із продуктів гниття; також його виділяють деякі види устриць.

За винятком газоподібного метилмеркаптану інші тіоли – рідини або тверді речовини. Їх температури кипіння вищі, ніж у відповідних кисневопохідних. Це пояснюється тим, що атоми сірки завдяки меншій електронегативності та більшому радіусу атома, порівняно з атомом Оксигену,

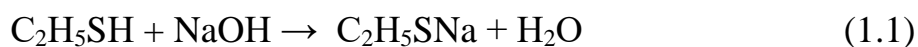
не схильні до утворення водневих зв'язків. І, як наслідок, тіоли є менш розчинними у воді, ніж спирти та феноли.

Меркаптани – токсичні речовини із надзвичайно неприємним запахом, який помітний навіть у незначних кількостях. Наприклад, гранична допустима концентрація (ГДК) для виявлення етилмеркаптану за запахом становить  $\text{ГДК} = 4,6 \cdot 10^{(-8)} \text{ мг/л}$  [18].

Етилмеркаптан є рідиною з неприємним запахом. Зв'язок S-H менш полярний, ніж зв'язок O-H, тому водневі зв'язки для них є слабкішими в порівнянні із спиртами. Електронна система атома сірки рухливіша, ніж кисню. Крім того, електронодонорні властивості сірки вищі, ніж кисню внаслідок зростання атомного радіуса і віддаленості електронів від ядра. Тому реакційна здатність тіолів визначається іонізацією S-H зв'язку та нуклеофільними властивостями атома сірки.

Кислотність тіолів на 4-5 порядків вища, ніж алканолів через те, що  $\text{pK}_a$  для етантіолу  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$  складає 10,6, а для етилового спирту  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  – 15,8. Виявлення кислотних властивостей тіолів пояснюється зростаючою стійкістю тіол-іона  $\text{RS}^-$ , в якому делокалізація заряду відбувається за допомогою вакантних d-атомних орбіталей сірки.

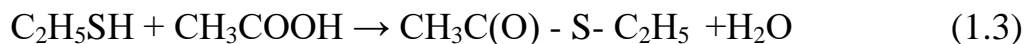
З лугами тіоли утворюють солі – тіоляти (меркаптиди):



Тіоли легко окислюються до діалкілдисульфідів або сульфокислот залежно від природи окисника:

- при взаємодії із слабким окисником утворюються діалкілдисульфіди;
- при взаємодії із сильними окисниками – сульфокислоти.

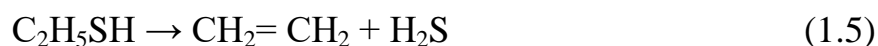
Тіолам також властива реакція естерифікації. Вони ацилюються ацилгалогенідами (1.2) або ж карбоновими кислотами (1.3):



Слід зазначити, що тіоли здатні легко відщеплювати атом водню під дією активного радикала з утворенням малоактивного алілсульфенільного радикалу:



Тіолам властива реакція розкладу, в ході якої вони розкладаються на вуглеводневу речовину та сірководень (1.5) або ж утворюються радикали (1.6):



При роботі з даною речовиною можливий вплив наступних небезпечних і шкідливих виробничих факторів: підвищення загазованості повітря робочої зони меркаптанами та продуктами їх взаємодії з іншими речовинами, токсичність забруднюючих речовин, які впливають на персонал через органи дихання, зору, шкіру, а також пожежа або ж вибух [19].

В малих концентраціях пари меркаптанів викликають рефлексну нудоту і головну біль внаслідок неприємного запаху. При більш високих концентраціях меркаптани, так як і сірководень, впливають на центральну нервову систему, викликаючи судороги, паралічі.

Ефективним засобом захисту від інтоксикації організму меркаптанами є використання бензimidозолмістких сполуки для їх нейтралізації [20].

У табл. 1.2 [20] наведено основні фізичні, токсикологічні і пожежонебезпечні властивості деяких меркаптанів.



Таблиця 1.2 – Фізичні, токсикологічні і пожежонебезпечні властивості деяких меркаптанів

№ з/п	Назва речовини, хімічна формула	Фізичні властивості	Загальний характер дії на організм людини	Пожежо-небезпечні властивості	Умови зберігання
1	Метил-меркаптан $\text{CH}_3\text{SH}$	Горючий, токсичний газ, $T_{\text{кип.}}=5,95^\circ\text{C}$ , $T_{\text{пл.}}=123^\circ\text{C}$ , $\rho=0,87$ мг/мл	Поріг сприйняття запаху 0,0001-0,0003 мг/м <sup>3</sup> . При загазованості 1-3 мг/м <sup>3</sup> у працюючих з'являється головний біль і в одиничних випадках - нудота	Область займання в повітрі 3,9-21,8%	На складі (відсіку) для легкозаймистих отруйних газів.
2	Етил-меркаптан $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$	Рідина, $T_{\text{кип.}}=35^\circ\text{C}$ , $T_{\text{пл.}}=147^\circ\text{C}$ . Розчинність у воді 1,5% (20°), $\rho=0,84$ мг/мл,	Помірно подразнює шкіру. Запах відчутний при $C=0,00019$ мг /л. Концентрація до 0,016 мг/л серйозних наслідків не викликає.	Область займання в повітрі 2,8 - 18% . Нижня температур на межа займання – 38°C	На складі у прохолодному місці для отруйних рідин.
3	Пропіл-меркаптан $\text{C}_3\text{H}_7\text{SH}$	Рідина, $T_{\text{кип.}}=67,6^\circ\text{C}$ , $T_{\text{пл.}}=111^\circ\text{C}$ $\rho=0,84$ мг/мл,	В організмі окислюється до сульфату, частково перетворюється в етілсульфат.	Температура займання становить 10°C	Зберігати в прохолодному місці складу для отруйних рідин

Наявність етилмеркаптану в повітрі визначають газоаналізатором промислових хімічних викидів ГПХВ-2 з індикаторною трубкою, діапазон вимірів якого становить 1-25 мг/м<sup>3</sup> або ж універсальним приладом газового контролю УПГК СІ «ЛИМБ» з діапазоном вимірів 1-50 мг/м<sup>3</sup>.

### 1.5 Шляхи вирішення екологічних проблем одоризації газу

Одним з можливих варіантів вирішення проблеми забезпечення екологічної безпеки одоризації природного газу є відмова від токсичних меркаптанів і перехід на нетоксичні сигналізатори витоку газу [21].

Норма вводу етантіолу становить – 16 г на 1000 м<sup>3</sup> природного газу, приведенного до нормальних умов. Одним із перспективних одорантів виступає представник групи альдегідів - кротоновий альдегід [22].

На українському ринку представлений один виробник кротонового альдегіду - це французька компанія «Biochem» [23]. Відомості про ціну продукту у відкритому доступі відсутні .

За кордоном в якості безсірковмісних одорантів використовується речовини на основі акрилатів (ефіри кислот) , наприклад, Gazodor S-Free - це суміш етилакрилата (60 %), метилакрилата (37%) та метилетилпіразина (3%) [21].

Контроль концентрації одоранту у повітрі робочої зони проводиться одним з методів, що затверджені МОЗ України (фотометричний метод, хроматографічний або полярографічний метод) згідно з ГОСТ 17.2.3.02 і ГОСТ 12.1.005.

#### Висновки до розділу 1

1. З літературних джерел встановлено основні екологічні проблеми, які виникають при одоризації природного газу на ГРС України, однією з яких є пошуки нового менш шкідливого одоранту .

2. Визначено, що джерелом утворення парів одоранту є блок одоризації газу, під час експлуатації якого пари надходять в навколишнє природне середовище.

3. Процес одоризації проходить у спеціальних установках – одоризаторах. На ГРС України використовуються гнітові, барботажні та крапельні установки

для одоризації природного газу з автоматичним або півавтоматизованим управлінням.

4. В якості одорантів на території України використовують речовину підвищеної небезпеки - етантіол.

5. Для підвищення екологічної безпеки при одоризації газу пропонується використання кротонового альдегіду.

## 2 КРОТОНОВИЙ АЛЬДЕГІД В ЯКОСТІ ОДОРАНТА ПРИРОДНОГО ГАЗУ

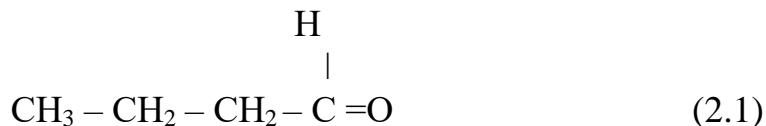
### 2.1 Коротка характеристика кротонового альдегіду

Кротоновий альдегід ( $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCHO}$ ) відноситься до класу ненасичених альдегідів, представляє собою прозору рідину з різким запахом; при горінні розкладається на  $\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{CO}_2$ . Вибухонебезпечні концентрації парів в повітрі становить 2,95-15,5%; при зберіганні на повітрі швидко димеризується [7]. Розчиняється в етанолі, діетиловому ефірі, ацетоні, бензолі. При  $5^\circ\text{C}$  в 100 г води розчинність становить 5 г, при  $18^\circ\text{C}$  - 18,1 г; утворює ізотропну суміш з вмістом кротонового альдегіду 75,7% і температурою кипіння  $84^\circ\text{C}$  [24].

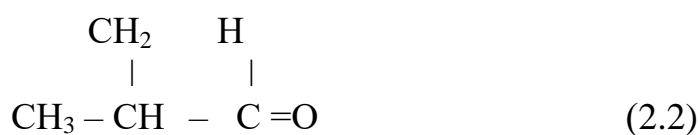
Для альдегідів характерна структурна ізомерія [25]:

- ізомерія карбонового скелета, починаючи із  $\text{C}_4$  :

1) бутаналь:



2) 2метипропаналь:

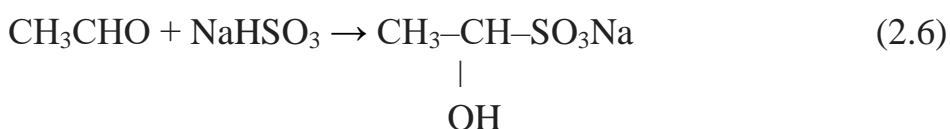
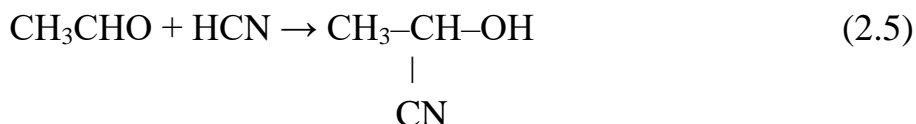
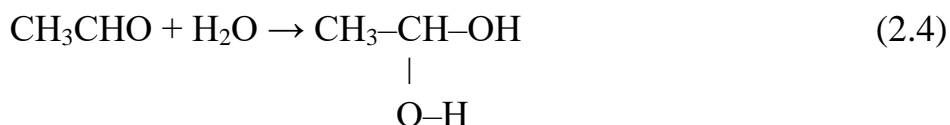


- міжкласова ізомерія з кетонами, починаючи із  $\text{C}_3$ ;
- із циклічними оксидами, починаючи із  $\text{C}_2$ ;
- з ненасиченими спиртами й естерами, починаючи із  $\text{C}_3$ .

Для альдегідів властиві реакції приєднання :

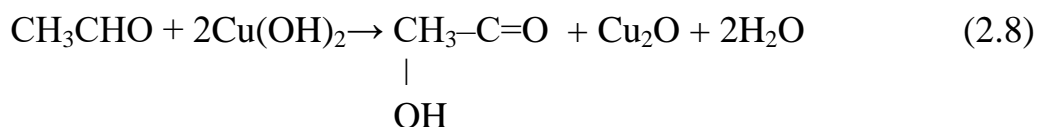
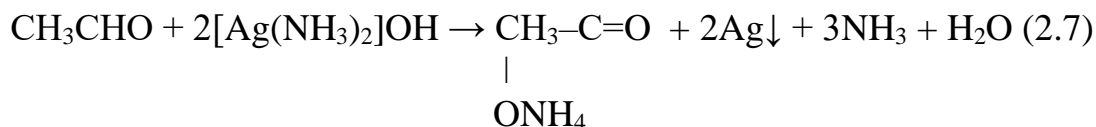
- приєднання водню (2.3) (утворюється спирт);
- приєднання води (2.4) (утворюється гідрат альдегіду);
- приєднання ціановодневої кислоти (2.5) і натрію гідросульфїту

(2.6):



Також властиві реакції окислення [26]:

- окислення біхроматом калію;
- реакція срібного дзеркала (2.7);
- окислення гідроксидом міді (II) (2.8):



Реакції окислення гідроксидом міді (II) та срібного дзеркала виступають якісними реакціями на виявлення альдегідів у природному середовищі [27].

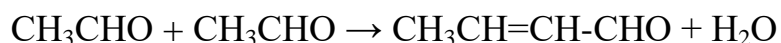
Кротоновий альдегід відноситься до токсичної групи альдегідів, які подразнюють дихальні шляхи, слизові оболонки очей людини при цілодобовому хронічному надходженні в організм [28, 29]. У разі попадання на шкіру – викликає свербіж, опіки. [30].

2-Бутанель за ступенем впливу на організм людини відноситься до високонебезпечних речовин згідно з ГОСТ 12.1.005. [31].

## 2.2 Методика синтезу кротонового альдегіду

Характерною особливістю вуглецевих сполук є наявність в їхньому складі реакційно активної карбоксильної групи  $\text{>C}=\text{O}$ . Дана група не тільки сама здатна вступати у різноманітні реакції, а ще й активувати атом водню, який знаходиться в  $\alpha$ -положенні до  $\text{>C}=\text{O}$ .

Кротоновий альдегід утворюється в процесі альдокротонізації ацетат альдегіду, в основі якого закладена наступна хімічна реакція:



Синтез кротонового альдегіду складається із 2 стадій:

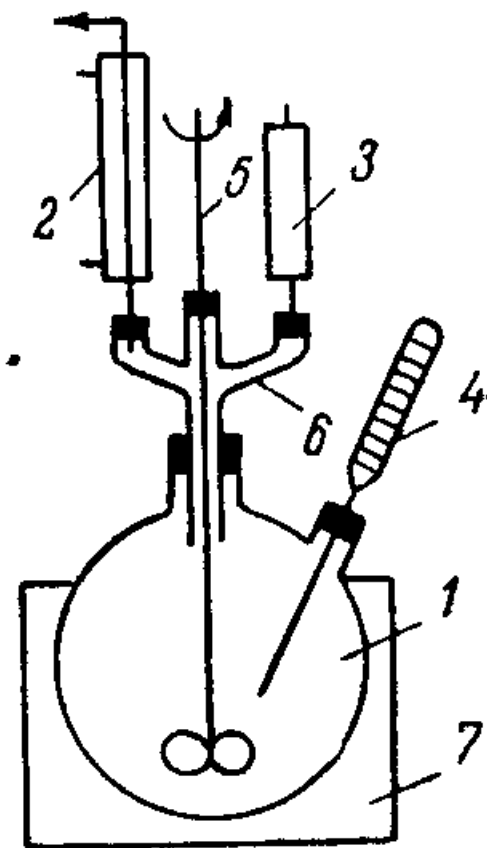
- 1 стадія - реакція між 2 молекулами ацетатальдегіда з утворенням ацетальдодю;
- 2 стадія - реакція дегідратації ацетальдодю з утворенням кротонового альдегіду.

Перша стадія синтезу проходить по наступному механізму: під впливом невеликої кількості лугу дві молекули ацетатальдегіда вступають у реакцію конденсації таким чином, що один із  $\alpha$ -атомів водню першої молекули альдегіда приєднуються до атома кисню другої молекули, а залишкова частина першої молекули з'єднується з атомом вуглецю другої молекули, утворюючи ацетальдоль. Друга стадія - під впливом підвищення температури вище 60 °C проходить виділення води із даної речовини, утворюється кротоновий альдегід.

Синтез кротонового альдегіду проводять у спеціальних установках, які складаються із реакційної ємності, холодильника, крапельної воронки,

термометра, змішувального механізму, форштоса та підігрівача. Схема установки наведена на рис. 2.1 [32].

В патенті РФ 2063958 описується спосіб виділення кротонового альдегіду шляхом дегідратації ацетатальдегіду. Для зменшення кількості води у вихідній сполуці використовують спосіб ректифікації за допомогою агента розподілення 2,4,6-триметил-1,3,5-триоксана. Дану речовину отримують із ацетатальдегіду в присутності каталізатора 50% водного розчину сірчаної кислоти в кількості 5% від загальної маси рідини, яка вступає у реакцію. Для нейтралізації кислоти використовують карбонат натрію. Для пришвидшення проходження реакції дегідратації зазвичай використовують  $\text{Cu}$  каталізатори.



1 – реакційна ємність, 2 – холодильник, 3 – крапельна воронка, 4 – термометр, 5 – змішувальний механізм, 6 – форштос, 7 – підігрівач.

Рисунок 2.1 – Схема лабораторної установки для синтезу кротонового альдегіду

### 2.3 Розрахунок викидів забруднюючих речовин на блоці одоризації

Обсяг парів одоранту у тонах (як для етилмеркаптану, так і для кротонового альдегіду), який викидається при заправці ємностей через свічу блоку одоризації в газовій фазі, розраховується за формулою (2.1) згідно методики [33].

$$Q_{od} = \frac{Q_M \times 1.4}{\rho \cdot 1000}, \quad (2.1)$$

де  $Q_M$  – кількість викиду метану на блоці одоризації,  $\text{м}^3$ .

$\rho$  – густина природного газу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Розрахунок викидів забруднюючих речовин (метану) на блоці одоризації, тобто їх обсяг визначається згідно пункту 6.20 методики [33] за формулою,  $\text{м}^3$ :

$$Q_M = \frac{T_c \cdot V \cdot P}{T \cdot K \cdot P_c}, \quad (2.2)$$

де  $V$  – геометричний об'єм ділянки газопроводу,  $\text{м}^3$ ;

$P$  – абсолютний тиск газу, МПа;

$P_c$  – абсолютний тиск газу за нормальних умов, МПа;

$T$  – температура газу, К.

$T$  – температура газу за нормальних умов, К.

$K$  – коефіцієнт стисливості газу на ділянках газопроводу, який визначається за формулою [33]:

$$K = 1 - 5,5 \cdot 10^6 \cdot \frac{P \cdot \Delta_{\Pi}^{1,3}}{T^{3,3}}, \quad (2.3)$$

де  $P$  – абсолютний тиск газу, МПа;

$T$  – температура газу, К;

$\Delta_{\Pi}$  – відносна густина газу.



Коефіцієнт стисливості газу характеризує непропорційні зміни об'єму газу при зміні його тиску і температури.

Визначення часу здійснення операції заправки ємностей одоранту розраховується згідно формули (2.4) наведеної у пункту 3.7 довідника [34] .

$$t_{\text{оп}} = \frac{2,032 \cdot V}{d^2 \cdot c_{\text{кр}}} \cdot \left[ \ln \frac{P \cdot K_c}{P_c \cdot K} + 0,1005 \cdot \left( \frac{1}{K_c} - \frac{1}{K} \right) \right], \text{ с} \quad (2.4)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт стисливості газу за стандартних умов;

$c_{\text{кр}}$  – критична швидкість газу ( 327,5 м/с);

$d$  – діаметр труби джерела викиду, м.

Визначення валових обсягів викидів забруднюючих речовин за рік (т/рік) виконано за формулою:

$$E = \frac{Q_m \cdot N}{1000} \cdot \rho, \quad (2.5)$$

де  $N$  – кількість технічних операцій за рік, шт.;

$\rho$  – густина природного газу, кг/м<sup>3</sup>.

Розрахунок масових максимальноразових значень викиду ЗР (г/с) проводимо за формулою:

$$M = \frac{E \cdot \rho}{1000}, \quad (2.6)$$

де  $E$  – валові обсяги викиду ЗР, т/рік.

$\rho$  – густина природного газу, кг/м<sup>3</sup>.

Відповідно до технологічного регламенту проведення робіт, що пов'язані з випусканням природного газу на обладнанні лінійної частини магістрального газопровода, газовимірювальних станцій, компресорних станцій АТ «Укртрансгаз» [35] періодичність операцій, які пов'язані із заправкою розхідної

ємності одоранту, становить 12 разів на рік та ємності для зберігання одоранту - 1 раз на рік. Тривалість наведених вище операцій розраховується за формулою (2.3).

У технічному паспорті ГРС [36] наведено основні загальні характеристики установок та споруд, що знаходяться на проммайданчику, а також фізико-хімічні показники природного газу наведені у паспорті газу (Додаток Б).

Відповідно до паспорту природного газу, проведено усереднення даних; отримані дані наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Усереднені дані фізико-хімічних показників природного газу

№ п/п	Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
1	Умови відбору проби		
	Т - температура газу	$^{\circ}\text{C}$	20,000
		К	292,150
	Р - тиск газу	$\text{кгс/см}^2$	80,000
		Мпа	7,845
2	Фізико-хімічні показники природного газу		
	$\Delta_{\text{п}}$ - відносна густина газу.		0,6023
	$\rho$ - густина газу	$\text{кг/м}^3$	0,7416
	$Q_{\text{нр}}$ - нижча теплота згорання газу	$\text{ккал/м}^3$	8236
		$\text{МДж/нм}^3$	34,480
	$Q_{\text{вр}}$ - вища теплота згорання газу	$\text{ккал/м}^3$	9120,000
		$\text{МДж/нм}^3$	38,180
	$T_{\text{р}}$ - точка роси	$^{\circ}\text{C}$	-13,6
		К	259,600

Нижче перераховані величини взяті відповідно до технічного паспорту ГРС [36].

Геометричний об'єм ємності для зберігання одоранту становить:  
 $V = 2,1 \text{ м}^3$ .

Геометричний об'єм розхідної ємності становить:  $V = 1 \text{ м}^3$ .

Тиск у ємностях становить:  $P = 0,2 \text{ МПа}$ .

Діаметер джерел викиду -  $d = 0,025 \text{ м}$ .

Температура речовин у ємності :  $T = 287,15 \text{ К}$ .

Розрахунок величин для 2 технологічних операцій наведено у табл. 2.2. Масовий викид ЗР обирається максимальний з усіх операцій, які проводяться на блоці одоризації, а валові викиди сумуються.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку викидів газу на блоці одоризації одоранту

№ з/п	Позначення	Один. виміру	Значення величини	
1	2	3	4	5
1	N	р/рік	1	12
2	V	$\text{м}^3$	2,1	1
3	T	К	287,15	287,15
4	P	МПа	0,2	0,2
5	$T_c$	К	293,15	293,15
6	$P_c$	МПа	0,101325	0,101325
7	K	-	0,876	0,876
8	Q	$\text{м}^3$	2,302	4,832
9	$\rho$	$\text{кг/м}^3$	0,709	0,709
10	$Q_m$	т/рік	0,00163	0,00163
11	d	м	0,025	0,025
12	$C_{кр}$	м/с	327,5	327,5
13	$K_c$	-	0,998	0,998
14	$t_{оп}$	с	7,907	16,605
15	t	с	7,907	199,264
16	$M_m$	г/с	206,355	17,196
17	Еод	т/рік	$3,22109 \cdot 10^{-8}$	$6,76429 \cdot 10^{-8}$
18	Мод	г/с	0,00407	0,00034
19	$M_{\text{мак}}$ (метану)	г/с	206,355	

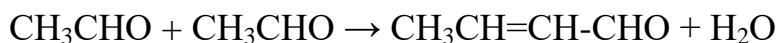
Продовження табл. 2.2

1	2	3	4
20	$E_{\text{сум}}$ (метану)	т/рік	0,00506
21	$M_{\text{мак}}$ (одоранту)	г/с	0,004074
22	$E_{\text{сум}}$ (одоранту)	т/рік	$9,99 \cdot 10^{-8}$

## Висновки до розділу 2

1. З проведеного аналізу фізико-хімічних властивостей кротонового альдегіду ( $\text{CH}_3\text{CH} = \text{CHCHO}$ ) слідує, що дана речовина задовольняє встановлені вимоги до одорантів природного газу.

2. Розглянута методика синтезу кротонового альдегіду в основі, якої закладена реакція альдокротонізації ацетатальдегіду:



3. Проведений розрахунок викидів ЗР на блоці одоризації.

### 3 ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН БЛОКУ ОДОРИЗАЦІЇ ГРС

#### 3.1 Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на навколишнє природне середовище

Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин здійснюється на основі розрахованих величин забруднюючих речовин блоку одоризації ГРС, які надходять в атмосферне повітря з джерела викиду. Для спрощення проведення розсіювання сполук у навколишньому природному середовищі (НПС) використовується програмний комплекс "EOL+" версія 5 (MS Windows). Дана програма погоджена Міністерством екології та природних ресурсів України та рекомендована для використання в Україні згідно з [37].

Алгоритм програмних елементів комплексу реалізує «Методику розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємства» [38]. Відповідно до методики розрахунок максимальної концентрації речовин у повітрі здійснюється за формулою:

$$C_m = \frac{A \times M \times \Gamma \times F \times m \times n}{H^2 \times (V_1 \times dT)^{\frac{1}{3}}}, \quad (3.1)$$

де А – безрозмірний коефіцієнт, який залежить від температурної стратифікації атмосфери;

М – маса забруднюючої речовини, яка надходить у навколишнє природне середовище, г/с;

Г – безрозмірний коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин у повітрі;

n і m – безрозмірні коефіцієнти, які враховують умови виходу газоповітряної суміші із джерела викиду;

H – висота джерела викиду над рівнем землі, м;

$dT$  – різниця між температурою газоповітряної суміші і атмосферного повітря, °C;

$V_1$  – витрата газоповітряної суміші, м<sup>3</sup>/с.

Витрата газоповітряної суміші розраховується за формулою (3.2):

$$V_1 = \frac{3.14 \times D^2}{4} \times V_c, \quad (3.2)$$

де  $D$  – діаметр джерела викиду, м;

$V_c$  – середня швидкість виходу газоповітряної суміші, м/с.

Коефіцієнт стратифікації включає в себе несприятливі метеорологічні умови, при яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна. Для території України  $A=200$  [39 ].

Значення коефіцієнта  $F$  приймається рівним 1 для всіх газоподібних шкідливих речовин, а також для дрібнодисперсних речовин (зола, пил і ін.).  $F= 2$  для дрібнодисперсних аерозолів при наявності на підприємстві очисних і газозловлюючих установок і  $F = 3$  для аерозолів, якщо очисні і газозловлюючі установки відсутні.

Розрахунок коефіцієнта  $m$  залежить від параметра  $f$ , який, у свою чергу, визначається за формулою (3.3), а  $m$  за формулою (3.5).

Розрахунок коефіцієнта  $n$  залежить від параметра  $V_m$ , який, у свою чергу, визначається за формулою (3.4), а  $n$  за формулою (3.6).

$$f = 1000 \times \frac{V_c \times V_c \times D}{H \times H \times dT}, \quad (3.3)$$

$$V_m = 0.65 \times (V_1 \times \frac{dT}{H})^{\frac{1}{3}}, \quad (3.4)$$

$$m = \begin{cases} \frac{1}{0.67+0.1 \times f^{1/2}+0.34 \times f^{1/3}}, & \text{якщо } f < 100 \\ \frac{1.47}{f^{1/3}}, & \text{якщо } f \geq 100 \end{cases}, \quad (3.5)$$

$$n = \begin{cases} 4.4 \times V_m, & \text{якщо } V_m < 1 \\ 0.532 \times V_m^2 - 2.13 \times V_m + 3.13, & \text{якщо } 0.5 \leq V_m < 2 \\ 1, & \text{якщо } V_m \geq 2 \end{cases} \quad (3.6)$$

Визначення відстані  $X_m$ , від джерела викиду, на якій приземна концентрація  $C$  досягає максимального значення  $C_m$ , розраховується за формулою:

$$X_m = \frac{5-F}{4} \times d \times H, \quad (3.7)$$

Розрахунок коефіцієнта  $d$  залежить від величини параметра  $f$  :

- при  $f < 100$  :

$$d = \begin{cases} 2.48 \times (1 + 0.28 \times f^{1/3}), & V_m < 0.5 \\ 4.95 \times V_m \times (1 + 0.28 \times f^{1/3}), & 0.5 < V_m \leq 2, \\ 7 \times V_m^{1/2} \times (1 + 0.28 \times f^{1/3}), & V_m > 2 \end{cases} \quad (3.8)$$

- при  $f > 100$ :

$$d = 16 \times \begin{cases} 5.7, & V_m \leq 0.5 \\ 11.4 \times V_m, & 0.5 < V_m \leq 2, \\ 16 \times V_m^{1/3}, & V_m > 2 \end{cases} \quad (3.9)$$

На рис. 3.1 наведений типовий графік залежності концентрацій речовин в атмосферному повітрі від відстані від джерела викиду.

Для проведення розрахунків величини гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин (ЗР) прийняті відповідно до [40], погодженого Комісією з питань регламентування хімічних речовин в атмосферному повітрі населених місць 03.03.2015 р №3.

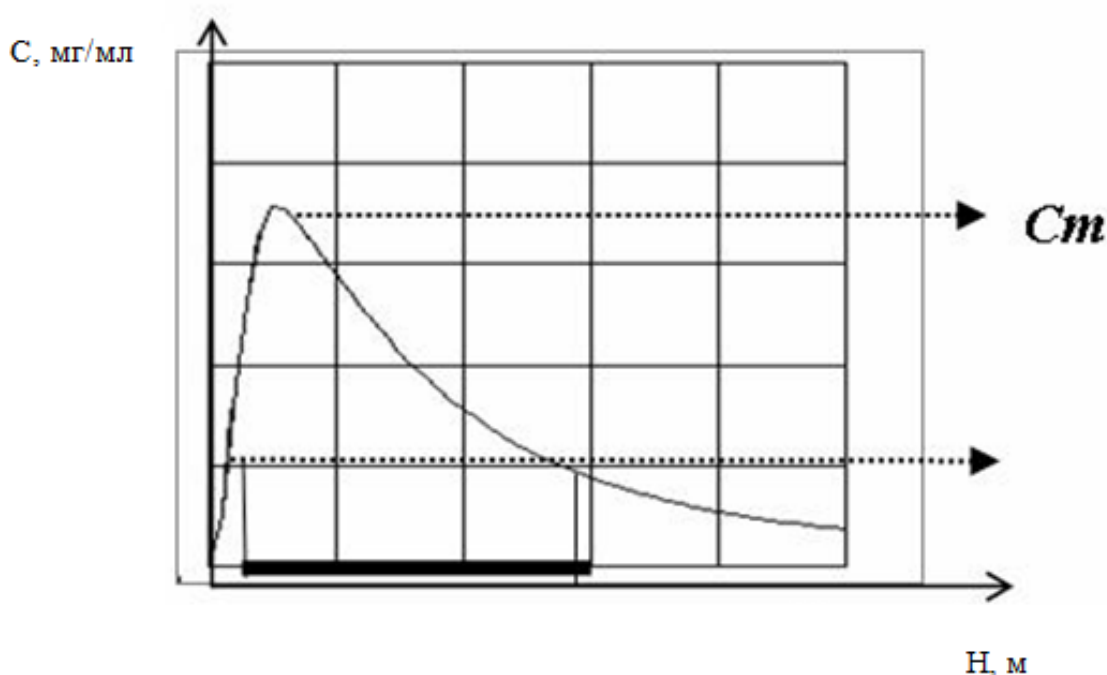


Рисунок 3.1 – Залежність зміни концентрації ЗР від відстані від джерела викиду

Розрахунок розсіювання ЗР, які викидаються на блоці одоризації, проводився з урахуванням значень фонових концентрацій (табл. 3.1) та кліматичної характеристики населеного пункту (табл. 3.2).

Метеорологічні характеристики і коефіцієнти, що визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі наведені відповідно до листа Львівського обласного центру з гідрометеорології від 13.08.2018 №30-23-18/735 за даними спостереження метеорологічної станції Львів (аеропорт). Копія листа наведена у додатку В.

Для ГРС, відповідно до «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» (ДСП -173/96), клас небезпечності проммайданчика третій, а розмір нормативної санітарно-захисної зони становить 300 м.



Таблиця 3.1 – Відомості щодо стану забруднення атмосферного повітря [41]

Забруднююча речовина	Нормативи якості атмосферного повітря (мг/м <sup>3</sup> )	Гігієнічні нормативи		Фонова концентрація (мг/м <sup>3</sup> )
Найменування		ГДК (мг/м <sup>3</sup> )	ОБРД (мг/м <sup>3</sup> )	
1	2	3	4	5
Кротоновий альдегід	-	0,025	-	0,4
Етантіол(етилмеркаптан)	-	-	3Е-5	0,4

Таблиця 3.2 – Метеорологічні характеристики і коефіцієнти для Львівської області

Найменування характеристик	Величина
Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери, А	200
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, Т, 0 С	22,7
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця (для котельних, які працюють за опалювальним графіком), Т, 0 С	-3,1
Середньорічна роза вітрів, %	
Північний напрям	7,4
Північно-східний напрям	5,7
Східний напрям	9,5
Південно-східний напрям	20,9
Південний напрям	8,9
Південно-західний напрям	11,7
Західний напрям	23,3
Північно-західний напрям	12,6
Швидкість вітру повторення перевищення якої складає 5%, U, м/с	13

Перш, як провести розсіювання, перевіримо його доцільно, для чого скористаємося наступними формулами [42]:

$$\frac{M}{ГДК} > \Phi; \quad \Phi = 0,01 * H \text{ при } H > 10 \text{ м}; \quad \Phi = 0,1 \text{ при } H \leq 10 \text{ м}, \quad (3.10)$$

де  $M$  – сумарне значення викиду ЗР від всіх джерел, г/с; визначається за формулою (3.12);

ГДК – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини, мг/м<sup>3</sup>;

$H$  – середньозважена по підприємству висота джерел викиду, яка визначається за формулою (3.11):

$$H = \frac{5 * M_{(0-10)} + 15 * M_{(11-20)} + 25 * M_{(21-30)} + \dots}{M}, \quad (3.11)$$

$$M = M_{(0-10)} + M_{(11-20)} + M_{(21-30)} + \dots, \quad (3.12)$$

де  $M_{(0-10)}$ ,  $M_{(11-20)}$ ,  $M_{(21-30)}$ ... - сумарний викид підприємства в інтервалах висот джерел викиду до 10 м, 11-20 м, 20-31 м і т. д., г/с,

У результаті опрацювання технічного паспорту ГРС визначено, що середньозважена висота джерел по підприємству становить  $H < 10$  м, а, отже, для проведення розрахунків розсіювання має виконуватися умова:  $\Phi=0,1$ . Результати розрахунку доцільності розсіювання забруднюючих речовин приведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Доцільність проведення розсіювання

№ п/п	Назва забруднюючої речовини	Доцільність проведення розрахунків розсіювання			
		ГДК, мг/м <sup>3</sup>	$M$ , г/с	$M/ГДК$	так/ні
1	Етантіол(етилмеркаптан)	$3 \cdot 10^{-5}$	0,00441	147	так
2	Кротоновий альдегід	0,025	0,00441	0,1764	так

У програмному комплексі для отримання результату потрібно заповнити таблиці, в які записуються дані щодо метеорологічних характеристик, фонових концентрацій, параметрів джерела викиду, відомості про забруднюючі речовини, розмір санітарно-захисної зони та параметри розрахункового майданчика. У табл. 3.4 наведено опис джерела викиду, а саме блоку одоризації; у табл. 3.5 – перелік речовин по яким буде здійснюватися розсіювання.

Таблиця 3.4 – Опис джерел викиду шкідливих речовин

Найменування джерела	Коефіцієнт рельєфу	Висота джерела,	Діаметр точкового джерела	Витрата пило газової суміші,	Температура	Клас небезпеки
		м	м	м <sup>3</sup> /с	°С	
Свіча розсіювання блоку одоризації	1	3	0,025	0,291	13	3

Таблиця 3.5 – Опис шкідливих речовин

Найменування речовини	ГДК	Коефіцієнт упорядкування осідання
Етантіол(етилмеркаптан)	3Е-5	1
Кротоновий альдегід	0,025	1

Допустиме значення концентрацій у частках ГДК для даних речовин приймається рівним 0,4. Розрахунок вмісту забруднюючих речовин в 4-х контрольних точках та на межі найближчої житлової забудови наведено у табл. 3.7 та табл. 3.9.

Для кротонового альдегіду розрахунки найбільших концентрацій, які зустрічаються на проммайданчику ГРС та за його межами, наведено у

табл. 3.6, а концентрації у розрахункових точках – у табл. 3.7.

Таблиця 3.6 - Перелік найбільших концентрацій кротонового альдегіду у атмосфері

X, м	Y, м	C, мг/м <sup>3</sup>	C, часток ГДК	Напрямок вітру, градуси	V, м/с	Внесок, %
0	100	0,02007	0,08027	90,90	14,13	100,00
100	0	0,02007	0,08027	220,90	14,13	100,00
0	-100	0,02007	0,08027	270,00	14,13	100,00
-100	0	0,02007	0,08027	270,90	14,13	100,00
-100	-100	0,01664	0,06656	130,90	14,13	100,00
100	-100	0,01664	0,06656	100,90	14,13	100,00
100	100	0,01664	0,06656	50,90	14,13	100,00
-100	100	0,01664	0,06656	90,00	14,13	100,00
0	200	0,01430	0,05722	270,90	14,13	100,00
200	0	0,01430	0,05722	50,00	14,13	100,00

Таблиця 3.7 Концентрації кротонового альдегіду у заданих точках

X, м	Y, м	C, мг/м <sup>3</sup>	C, часток ГДК	Напрямок вітру, градуси	V, м/с	Внесок, %
-309	-501	0,01073	0,04291	300,90	2,50	100,00
-3	-309	0,01218	0,04874	270,90	2,00	100,00
-316	3	0,01211	0,04843	360,90	2,00	100,00
298	7	0,01227	0,04907	180,90	1,50	100,00
-3	309	0,01216	0,04866	90,90	1,55	100,00

Найбільша концентрація кротонового альдегіду, яка спостерігається у атмосферному повітрі, становить  $C = 0,02007 \text{ мг/м}^3$ . ГДК речовини  $C_{\text{ГДК}} = 0,025 \text{ мг/м}^3$ .

Відповідно до наведених величин концентрацій, стверджуємо, що викиди кротонового альдегіду не впливають негативно на зміну параметрів НПС та на

здоров'я людей, які проживають на відстані 300 м від території проммайданчика.

Для етантіолу розрахунки найбільших концентрацій, які зустрічаються на території проммайданчику ГРС та за його межами, наведено у табл. 3.8, а концентрації у розрахункових точках - у табл. 3.9.

Таблиця 3.8 – Перелік найбільших концентрацій етантіолу (етилмеркаптану) у атмосфері

X, м	Y, м	C, мг/м <sup>3</sup>	C, часток ГДК	Напрямок вітру, градуси	V, м/с	Внесок, %
0	100	0,00205	68,18177	90,90	14,13	100,00
100	-100	0,00197	65,55097	220,90	14,13	100,00
-3	-156	0,00194	64,67903	270,00	14,13	100,00
0	-100	0,00190	63,17369	270,90	14,13	100,00
100	100	0,00180	59,96085	130,90	14,13	100,00
0	0	0,00173	57,66067	100,90	14,13	100,00
-100	100	0,00172	57,34894	50,90	14,13	100,00
0	192	0,00170	56,69800	90,00	14,13	100,00
0	-200	0,00170	56,50399	270,90	14,13	100,00
-134	145	0,00169	56,39997	50,00	14,13	100,00

Таблиця 3.9 – Концентрації етантіолу (етилмеркаптану) у заданих точках

X, м	Y, м	C, мг/м <sup>3</sup>	C, часток ГДК	Напрямок вітру, градуси	V, м/с	Внесок, %
1	2	3	4	5	6	7
-309	-501	0,00065	21,62468	300,90	2,50	100,00
-3	-309	0,00131	43,52781	270,90	2,00	100,00
-316	3	0,00124	41,30926	360,90	2,00	100,00
298	7	0,00104	34,64427	180,90	1,50	100,00
-3	309	0,00124	41,22934	90,90	1,55	100,00

Найбільша концентрація етантіолу (етилмеркаптану), яка спостерігається

у атмосферному повітрі дорівнює  $C = 0,00205 \text{ мг/м}^3$ . ГДК речовини становить  $C_{\text{ГДК}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ мг/м}^3$ .

Розраховані величини концентрацій викидів етантіолу (етилмеркаптану) на межі санітарно-захисної зони перевищують гранично допустимі значення. Отже вони здійснюють значний вплив на навколишнє природне середовище та на здоров'я людей, які перебувають у робочій зоні ГРС та на тих, хто проживають на відстані 300 м від території проммайданчика (межі санітарно-захисної зони).

Результатами оцінки є карти полів розсіювання забруднюючих речовин, які наведених у додатку Г для кротонового альдегіду та додатку Д для етантіолу. Вибір контрольних точок відповідає північному, західному, південному, східному напрямкам на межі санітарно-захисної зони та північного-західному напрямку біля найближчої забудови наведених на ситуаційній карті-схемі розміщення ГРС (Додаток Ж) .

### 3.2 Оцінка впливу забруднюючих речовин на здоров'я людей

Оцінка ризику впливу викидів етантіолу та кротонового альдегіду на здоров'я людей проводиться за методикою [43]. Оцінка заснована на проведенні взаємопов'язаних між собою етапів, а саме:

- ідентифікація небезпеки;
- оцінка експозиції;
- характеристика небезпеки (оцінка залежності «доза-відповідь»);
- характеристика ризику.

У першу чергу потрібно провести ідентифікацію небезпеки, а саме, визначити, підібрати індикаторні хімічні речовини, вивчення яких дозволить з достатньою точністю охарактеризувати рівні ризику порушення стану здоров'я населення. З цією метою аналізують біологічну активність, фізико-хімічні властивості речовин, які зумовлюють їхнє поширення у навколишньому природному середовищі, та вплив на організм людини, залежності розвитку

негативних ефектів (специфічних і неспецифічних) від шляху надходження речовини в організм [44].

У ході проведення ідентифікації джерел, на яких можливий викид одоранта, виявлено 1 джерело - це свіча блоку одоризації. Дане джерело викиду є залповим, оскільки викид надходить в атмосферу тільки декілька разів на рік [45].

Забруднюючою речовиною в першому випадку виступає етантіол - діючий одорант природного газу, який використовується на ГРС. В другому випадку - це кротоновий альдегід - обраний нами як перспективний одорант.

Другим етапом встановлення ризику є оцінка експозиції, під час проведення якої встановлюється кількісний рівень надходження речовини до організму людини. Етап передбачає знаходження шляхів поширення у навколишньому середовищі і впливу на організм забруднюючої сполуки, вивчення її концентрацій, установлення терміну дії і загальної тривалості впливу, оцінки чисельності популяції, яка знаходиться або, вірогідно, може знаходитись під впливом шкідливого чинника.

Оцінка експозиції зводиться до визначення середньо-добової дози, яка визначається за формулою [46]:

$$\frac{ADD}{LADD} = \frac{[(Ca \cdot Tout \cdot Vout) + (Ch \cdot Tin \cdot Vin)] \cdot EF \cdot ED}{(BW \cdot AT \cdot 365)}, \quad (3.13)$$

де ADD/LADD - середня добова доза речовини, мг/кг-доба;

Ca - концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>;

Ch - концентрація речовини у повітрі приміщення, мг/м<sup>3</sup>;

Tout - час, що проводиться поза приміщенням, год/доба;

Tin - час, що проводиться у приміщенні, год/доба;

Vout - швидкість дихання поза приміщенням, м<sup>3</sup>/год;

Vin - швидкість дихання у приміщенні, м<sup>3</sup>/год;

EF - частота впливу, днів/рік;

ED - тривалість впливу, років;

BW - маса тіла, кг;

AT - період осереднення експозиції, років;

365 - число днів у році.

Розраховуємо середньо-добову дозу окремо для кожної із речовин.

Дані щодо максимальних концентрацій певної забруднюючої речовини отримано розрахунковим шляхом за допомогою програмного комплексу «EOL+» та наведені у підрозділі 3.1. Час роботи на підприємстві становить 8 годин (відповідно до трудового законодавства України). Швидкість дихання, відповідно до даних довідника [47] становить 0,64 м<sup>3</sup>/год. Середня маса тіла людини становить BW=60 кг [48]. Людина на ГРС перебуває згідно посадової інструкції 180 днів на рік, отже саме стільки днів вона піддається впливу забруднюючих речовин [49]. Тривалість роботи у роках становить 30 років [49].

У табл.3.10 та табл. 3.11 наведено узагальнений розрахунок середньо-добової дози по етантіолу та кротоновому альдегіду.

Таблиця 3.10 – Узагальнені результати розрахунку середньо-добової дози

Забруднююча речовина	Ca	Ch	Tout	Tin	Vout	Vin
	мг/м <sup>3</sup>	мг/м <sup>3</sup>	год/доба	год/доба	м <sup>3</sup> /Год	м <sup>3</sup> /Год
Етантіол	0,00205	0,00205	8	16	0,64	0,64
Крото-новий альдегід	0,02007	0,02007	8	16	0,64	0,64

Таблиця 3.11 - Узагальнені результати розрахунку середньо-добової дози

Забруднююча речовина	EF	ED	BW	AT	ADD/ LADD
	днів/рік	р	кг	р	мг/кг-доба
Етантіол	180	30	60	70	0,00109
Крото-новий альдегід	180	30	60	70	0,00011



Для узагальнення та аналізу розрахованих даних використовується третій етап – характеристика небезпеки. Аналізується, насамперед, спектр дії хімічних сполук.

Етантіол, так як і кротоновий альдегід, впливає на органи дихання, зору та на шкіру. Під час попадання на шкіру викликає опіки різних стадій. Відповідно до міжнародної методології оцінки ризику наведені вище речовини відносяться до речовин, які мають канцерогенний ефект впливу. У даному випадку ефект впливу на людину обумовлений дією генотоксичних канцерогенних чинників, що викликають пошкодження генетичного матеріалу.

Для оцінки ризику розвитку неканцерогенних ефектів найчастіше використовують два показники: максимальна недіюча доза і мінімальна доза, яка викликає пороговий ефект.

Завершальним етапом оцінки ризику діяльності на здоров'я людини є інтегрування отриманих даних про небезпеку досліджуваних речовин, величину експозиції, параметри залежностей «доза-відповідь», які було отримано на попередніх етапах дослідження. Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів визначаємо шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними рівнями впливу та визначенням коефіцієнта небезпеки, який визначається за формулами (3.14) або (3.15)

$$HQ = AD / RfD, \quad (3.14)$$

$$HQ = Ci / RfC, \quad (3.15)$$

де HQ - коефіцієнт небезпеки;

AD - середня доза, мг/кг;

Ci - середня концентрація, мг/м<sup>3</sup>;

RfD - референтна (безпечна) доза, мг/кг;

RfC- референтна концентрація, мг/м<sup>3</sup>.

При відсутності референтних концентрацій як еквівалент можна використовувати гранично допустимі концентрації, які установлені за критерієм прямого ефекту на здоров'я.

Надходження забруднюючих речовин від джерел викиду, що розташовані на проммайданчику ГРС та які сприяють розвитку неканцерогенних ефектів, відбувається інгаляційним шляхом, тому розрахунок коефіцієнта небезпеки можна провести без розрахунку дози впливу. Для проведення такого розрахунку необхідні наступні вихідні дані:

- безпечний рівень впливу ( ГДК або максимально недіючі рівні чи концентрації (МНР, МНК) орієнтовно безпечні рівні дії (ОБРД)), мг/м<sup>3</sup>;
- рівень впливу і-тої речовини, мг/м<sup>3</sup>.

Отже, безпечний рівень впливу речовин наведений у табл. 3.12

Таблиця 3.12 - Безпечний рівень впливу забруднюючих речовин

№ п/п	Забруднююча речовина	Безпечний рівень впливу, мг/м <sup>3</sup>
	Найменування	
1	Етантіол	$3 \cdot 10^{-5}$
2	Кротоновий альдегід	0,025

Рівень впливу і-тої забруднюючої речовини є усередненим значенням вмісту забруднюючих речовин у контрольних точках, що розраховується за формулою:

$$C_i = C_{i.p.} \cdot T_{дж} \cdot P / (100 \cdot T_{рік}) \quad (3.16)$$

де  $C_i$  – рівень впливу (концентрація) і-тої забруднюючої речовини, мг/м<sup>3</sup>;

$C_{i.p.}$  – усереднений розрахунковий вміст (концентрація) і-тої забруднюючої речовини, мг/м<sup>3</sup>;

$T_{дж}$  - час роботи джерела утворення забруднюючих речовин;

$P$  - середньорічна повторюваність вітрів;

$T_{рік}$  - число годин в році.

Середньорічна роза вітрів наведена у табл. 3.13 була прийнята відповідно до листа Львівського обласного центру з гідрометеорології від 13.08.2018 №30-23-18/735 (Додаток В) .

Таблиця 3.13 - Середньорічна роза вітрів

Напрямок	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Повторюваність вітрів, %	7,4	5,7	9,5	20,9	8,9	11,7	23,3	12,36

Розрахунок коефіцієнта небезпеки наведено у табл. 3.14 для 5-ти контрольних точок .

Таблиця 3.14 - Величини коефіцієнтів небезпеки у 5 контрольних точках

№ п/п	Забруднююча речовина	Сі.р.	Тдж	Р	Трік	Сі	RfCi	HQi	Характеристика ризику
	Назва	мг/м <sup>3</sup>	год	%	год	мг/м <sup>3</sup>	мг/м <sup>3</sup>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Кротоновий альдегід	0,0122	4320	7,4	8760	0,00044	0,025	0,01778	Зневажливо малий
	Етантіол (етилмеркаптан)	0,0013	4320	7,4	8760	0,00005	0,00003	15,9353	Великий
2	Кротоновий альдегід	0,0121	4320	9,5	8760	0,00057	0,025	0,02269	Зневажливо малий

Продовження табл. 3.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Етантіол (етилмер- каптан)	0,0012	4320	9,5	8760	0,00006	0,00003	19,3644	Великий
3	Кротоно- вий альдегід	0,0123	4320	8,9	8760	0,00054	0,025	0,02154	Зневажливо малий
	Етантіол (етилмер- каптан)	0,0011	4320	8,9	8760	0,00005	0,00003	15,2153	Великий
4	Кротонов ий альдегід	0,0123	4320	23,3	8760	0,00141	0,025	0,05639	Зневажливо малий
	Етантіол (етилмерк аптан)	0,0011	4320	23,3	8760	0,00012	0,00003	39,8334 2	Великий
5	Кротонов ий альдегід	0,0122	4320	11,7	8760	0,00070	0,025	0,02806	Зневажливо малий
	Етантіол (етилмерк аптан)	0,0007	4320	11,7	8760	0,00004	0,00003	12,5013 7	Великий

Отже, розрахунки показали, що викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря під час виробничої діяльності блоку одоризації проммайданчика ГРС при використанні кротонового альдегіду, максимальний

коефіцієнт небезпеки, якого становить  $HQ_i=0,05639$  , на 39 разів менше викликає захворювання у людей.

### 3.3 Встановлення залежності викиду забруднюючої речовини з блоку одоризації в атмосферне повітря від кількості перекачаного природного газу

Для встановлення залежності викиду парів одоранту в атмосферне повітря від кількості перекачки природного газу на газорозподільних станціях скористаємося методом Лагранжа.

Обліком перекачки газу, витратами одорантів займаються оператори лінійно-експлуатаційної служби (ЛЕС). На основі їх даних заповнюються звітні відомості щодо обсягів витрат речовин, які використовуються на ГРС.

Відповідно до даних за 2017 рік, сформована табл. 3.15, у якій міститься інформація про кількість перекачки газу та викидів одоранта у повітря [50].

Таблиця 3.15 – Статистичні дані щодо кількості перекачки природного газу за 2017 рік

№ місяця року	Функція	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
Перекачка газу, тис. м <sup>3</sup>	x	46,9	47,3	47,8	48,15	48,2
Викид одоранту, млн. м <sup>3</sup>	y	0,068	0,074	0,078	0,084	0,085

Метод Лагранжа є одним з методів регресійного аналізу. Він призначений для оцінки невідомих величин за результатами вимірів, що містять випадкові похибки.

Загальний вигляд полінома Лагранжа третього ступеня має вигляд [51]:

$$P_3(x) = y_0 l_0(x) + y_1 l_1(x) + y_2 l_2(x) + y_3 l_3(x) + y_4 l_4(x) , \quad (2.7)$$

де  $l_0(x)$  – базисна функція розраховується за формулою (2.21)  $l_1(x)$ ,  $l_2(x)$ ,  $l_3(x)$  розраховуються аналогічно:

$$l_0 = \frac{(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)((x-x_4))}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)(x_0-x_3)(x_0-x_4)}, \quad (2.8)$$

$$l_1 = \frac{(x-x_0)(x-x_2)(x-x_3)((x-x_4))}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)(x_1-x_3)(x_1-x_4)}, \quad (2.9)$$

$$l_2 = \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_3)((x-x_4))}{(x_2-x_0)(x_2-x_1)(x_2-x_3)(x_2-x_4)}, \quad (2.10)$$

$$l_3 = \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)((x-x_4))}{(x_3-x_0)(x_3-x_1)(x_3-x_2)(x_3-x_4)}, \quad (2.11)$$

Побудували графік функції залежності обсягу викиду ЗР від кількості перекачаного природного газу (рис. 3.2).

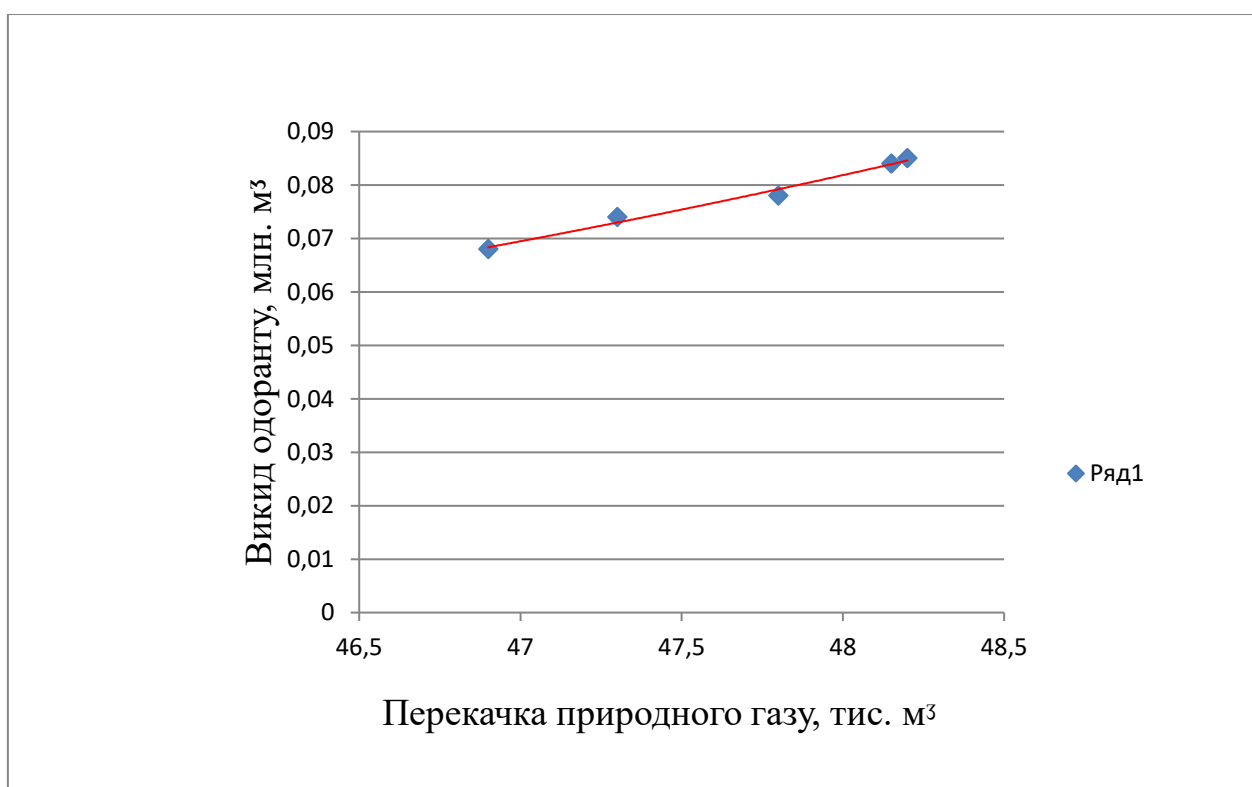


Рисунок 3.2 – Графік залежності зміни викиду забруднюючої речовини від кількості перекачки природного газу газорозподільною станцією

Для достовірності встановлення залежності проведено визначення коефіцієнта детермінації ( $R^2$ ) [52] за допомогою програмного комплексу MS Microsoft Excel. Результати дослідження наведено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати апроксимації даних табл. 3.6

Вид апроксимації	Прогнозована модель	$R^2$
Експоненціальна	$y = 3 \cdot 10^{-5} e^{0,1639x}$	$R^2 = 0,9859$
Лінійна	$y = 0,0125x - 0,5198$	$R^2 = 0,9845$
Логарифмічна	$y = 0,5962 \ln(x) - 2,2262$	$R^2 = 0,9842$
Поліномінальна (2 степінь)	$y = 0,0015x^2 - 0,1263x + 2,7813$	$R^2 = 0,986$
Поліномінальна (3 степінь)	$y = 0,014x^3 - 1,995x^2 + 94,798x - 1501,5$	$R^2 = 0,9998$
Степенева	$y = 6 \cdot 10^{-15} x^{7,7986}$	$R^2 = 0,9859$

Таким чином, з наведених вище даних значень похибки апроксимації видно, що найбільш прийнятна математична модель, за допомогою якої можна розраховувати кількість викидів ЗР, є поліномінальна функція третього ступеню.

### Висновки до розділу 3

1. Здійснено оцінку впливу кротонового альдегіду та етантіола на НПС. Визначено максимальні приземні концентрації ЗР у повітрі, які становлять  $0,02007 \text{ мг/м}^3$  для кротонового альдегіду та  $0,00205 \text{ мг/м}^3$  для етантіола. Концентрація викидів етантіола перевищує допустиме значення ГДК у 68 разів.

2. Проведена оцінка впливу ЗР на виникнення захворювань у людей показала, що максимальний коефіцієнт небезпеки при викиді парів кротонового альдегіду становить  $HQ = 0,05639$ , а при етантіолі -  $HQ = 39,83342$ .

3. Встановлена залежність між обсягом викиду забруднюючої речовини від кількості перекачаного природного газу газорозподільною станцією, яка має вигляд поліному 3-го степеню:

$$y = 0,014x^3 - 1,995x^2 + 94,798x - 1501,5$$



#### 4 СТАРТАП-ПРОЕКТ «СИНТЕЗ КРОТОНОВОГО АЛЬДЕГІДУ»

Кротоновий альдегід, як наведено у попередньому розділі, має ряд переваг перед етантіолом та відповідає вимогам, які висувають до одорантів природного газу. Це, насамперед, наявність специфічного сильного запаху, здатність не спричиняти корозію внутрішньої оболонки тіла труби газопроводу, здійснення мінімального впливу на довкілля, в тому числі на здоров'я людей, вимога не вступати у хімічну реакцію із газом.

На ринку України відсутні вітчизняні виробники одоранта, присутні лише три зарубіжні – це бельгійська компанія Chevron Philips Chemicals International N. V., французька - Arkema France та російська – ТОВ «Оренбурггазпром» [53]. Дані компанії продають одорант етантіол.

Отже, для підвищення екологічної безпеки на газорозподільних станціях при одоризації природного газу існує необхідність виробництва безсірковмісного одоранта – кротонового альдегіду на території України.

Так як на території держави відсутні спеціалізовані підприємства для виробництва одорантів, їх можна буде синтезувати на базі Приватного акціонерного товариства «Сєверодонецького об'єднання «Азот». На базі даного підприємства виробляються наступні речовини: аміак, азотні добрива, органічні спирти і кислоти, товари побутової хімії, вироби із полімерів.

Задля комплексного аналізу впровадження виробництва одоранту – кротонового альдегіду на території України пропонується оформлення ідеї у формі стартап-проекту. Під стартапом розуміється проект, за допомогою якого можна продати нову інноваційну ідею за короткий період часу.

##### 4.1 Маркетингове дослідження аналізу стартап-проекту

Проведемо маркетингове дослідження аналізу стартап-проекту, щоб визначити можливість його впровадження на ринку.

Одоранти природного газу являються сигналізаторами витікань природного газу із газопроводу. Основною ідеєю стартап-проекту є виробництво одоранту кротонового альдегіду на території України. Даний продукт відноситься до сфери «Енергетики та комунальних послуг», «Хімічної промисловості». Короткий опис ідеї наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виробництво одоранту кротонового альдегіду	Використання КА для одоризації природного газу	Українське підприємство, як наслідок менші затрати на логістику
		Екологічність - відсутність сірки у складі одоранта, продуктами горіння є вода і вуглекислий газ
		Зменшення плати податку за викиди
	Використання як сировини для синтезу інших хімічних речовин	Не потребує заміни установки для одоризації
		Вибухонебезпечність парів у повітрі становить 2,95-15,5 %, що значно менше ніж у етантіола
		Безпечність в експлуатації (показник ступеня небезпеки становить 2,1, а для етантіола 3,2)

Етантіол відноситься до першого класу небезпеки, кротоновий альдегід – до другого; ставки податку для речовин становлять 17536,42 грн/т та 4016,11 грн/т відповідно [54]. Отже, економія для підприємства становитиме 13520,31 грн/т.

Для визначення переваг даного продукту перед аналогами проведемо дослідження слабких, нейтральних та сильних сторін ідеї проекту. Аналіз характеристик наведено у табл. 4.2

Таблиця 4.2 - Техніко-економічні показники продукту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики	Назва товарів		Слабкі сторони	Нейтральні сторони	Сильні сторони
		Мій продукт	Продукт конкурента			
1	Наявність підприємства по виробництву	кротоновий альдегід	етантиол	+	-	-
2	Налагоджена схема закупівлі	кротоновий альдегід	етантиол	+	-	-
3	Безпечність транспортування, використання	кротоновий альдегід	етантиол	-	-	+
4	Екологічність (відсутність сірки у складі)	кротоновий альдегід	етантиол	-	-	+
5	Ціна	кротоновий альдегід	етантиол	-	+	-
6	Наявність одоризаційних установок	кротоновий альдегід	етантиол	-	+	-
7	Ставка податку на викиди	кротоновий альдегід	етантиол	-	-	+

Транспортування кротонового альдегіду здійснюється за допомогою спеціального транспорту в герметичних ємкостях різних об'ємів.

Після встановлення сильних та слабких сторін стартап-проекту «Синтез кротонового альдегіду» можна переходити до технологічного аудиту. Його мета полягає в аналізі технології, за допомогою якої буде здійснюватися синтез кротонового альдегіду. Технологічні аспекти здійснення ідеї наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Виробництво одоранту кротонового альдегіду	закупівля готової продукції	купівля одоранту у французької компанії	+
		отримання одоранту в процесі альдольної кротонізації ацетат-альдегіду	технологія відповідно до патенту РФ 2063958	+-
		отримання одоранту шляхом окислення ізобутилену	технологія фірми Nippon Kayaku	+-
Обрана технологія реалізації проекту: синтез КА альдольної кротонізації ацетатальдегіду при температурі 400 °С із використанням каталізаторів для пришвидшення проходження реакції на базі ТОВ «Сєверодонецького об'єднання «Азот» з подальшою реалізацією на ринку.				

Наступним етапом є проведення аналізу ринку, на якому буде випускатися продукція (табл. 4.4). Кротоновий альдегід є специфічною речовиною, яку можна використовувати як одорант природного газу, або ж у якості сировини для виробництва інших хімічних сполук, наприклад, сорбінової кислоти (харчовий консервант), триметилгідрокінону (попередник вітаміна Е).

Ринок для збуту даної продукції є промисловим, в Україні на ньому представлені 3 виробника одоранту етантіолу, але вони всі знаходяться за кордоном.

Предметом промислового ринку є саме взаємини між суб'єктами ринку, наприклад, купівля-продаж, фінансові відносини, ділові переговори з метою отримання прибутку. Такими суб'єктами на ринку України є підприємства діяльність яких пов'язана із транспортуванням природного газу та його використання.

Таблиця 4.4 – Характеристика наявного ринку

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців	На українському ринку представлено 3 виробника одоризаторів природного газу
2	Загальний обсяг продаж, грн./одн. [53 ]	75 000 грн за 1 тонну одоранта
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	стагнує
4	Наявність обмежень для входу	Вузька галузь спеціалізації, конкуренція
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Показники одоранта мають відповідати вимогам ДСТУ 3377-96
6	Середня норма рентабельності в галузі, % [55]	25

Перед тим як виходити на ринок з готовою продукцією, потрібно ще врахувати та проаналізувати, кому саме вона потрібна. У табл. 4.5 наведена характеристика потенційних клієнтів.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреби, що формують ринок	Цільова аудиторія	Вимоги споживачів до товару
1	2	3	4
1	800 т	АТ «Укртрансгаз»	Відповідність ДСТУ 3377-96; ТУ-51-81-82; ТУ У 6-04687873.021-95
2	640 т	ТОВ «Українська нафтохімічна компанія - УНХК»	
3		ПАТ «Укрнафта»,	
4		ТОВ ПМТЗ «Інженерний центр «Реагент»	
5		ПФ «Техноімпекс»	
6		ТОВ «Хімфармінвест»,	
7		ТОВ «ТОРГОВИЙ ДІМ «БУДТРАНСГАЗ»	
8		ТОВ «Компанія Агронафтохім»	
9		ТОВ «Інтербіомед»	

Продовження табл.4.5

1	2	3	4
10	560	ПАТ «Укргазвидобування»	Відповідність ДСТУ 3377-96; ТУ-51-81-82; ТУ У 6- 04687873.021-95
11		ПАТ «Укртрансгаз»,	
12		ПАТ «Транснаціональна фінансово-промислова нафтова компанія «Укртатнафта»	
13		ДАТ «Чорноморнафтогаз»,	
14		НАК «Нафтогаз України»	
15		ТОВ «Укргаздіagnostика»	
16		ТОВ «Світ Авто»	

Потреби ринку у продукції. Загальна довжина газопроводів, які експлуатує АТ «Укртрансгаз», становить 38,55 тис. км, у тому числі магістральних газопроводів – 22,16 тис. км і газопроводів-відгалужень – 16,39 тис. км, які слугують для транспортування природного газу. ГРС щорічно покачують близько 50 000 млн. м<sup>3</sup> природного газу, щоб провести одоризацію потрібно 800 т одоранту (норма вводу 16 г одоранту на 1000 м<sup>3</sup> газу). Для потреб інших компаній потрібно 1200 т одоранту [ 52].

У нормативних документах ДСТУ 3377-96 та ТУ-51-81-82 прописані основні вимоги до одорантів, у ТУ У 6-04687873.021-95 наведені основні вимоги до синтезу хімічних речовин.

Для можливості виходу з даною продукцією на ринок опишемо фактори загроз та можливостей (табл. 4.6 – 4.7).

Таблиця 4.6 – Фактори загроз виходу на ринок

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	2	3	4
1	Політико-правовий	Відсутність програм по розвитку галузі виробництва одоранту на території України	Участь в міжнародних подібних програмах

Продовження табл. 4.6

1	2	3	4
2	Економічний	Не стабільність валюти	Коливання ціни продукції, планова діяльність
		Великі відсотки по кредитуванні	
		Зменшення платоспроможності потенційних клієнтів	
		На ринку зв'явилися більш нові технології	Перехід до інноваційних технологій
3	Соціально-культурний	Промислові підприємства газорозподільні станції віддають перевагу новим та екологічно-безпечним технологіям за умови економічної вигоди	Забезпечення відповідності між ціною та якістю продукції

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Політико-правовий	Підтримка українських підприємств на законодавчому рівні	Вихід на всеукраїнський ринок із своєю продукцією
2	Економічний	Зацікавленість іноземних інвесторів у розробці стартап-проектів	Пошук зацікавлених інвесторів, співпраця з ними
4	Демографічний	Підвищення рівня урбанізації веде за собою збільшення кількості споживачів природного газу, як наслідок потреба у одоранті збільшується	Маштабування проєкту, збільшення об'ємів виробництва одорантів
5	Природний	Сприятливість клімату	Підприємство по виробництву одоранту може розміщуватися у будь якому регіоні України

Визначивши можливі загрози та можливості потрібно дізнатися про конкуренцію на промисловому ринку продаж одорантів. Саме конкуренцію вважають основною умовою ефективного функціонування ринкової економіки [56]. Конкуренція здійснює вплив на ринок через попит, ринкову ціну та пропозицію.

На ринку України зустрічаються наступні види конкуренції: монополія – діяльність ринку контролюється одним єдиним продавцем певного товару; олігополія – виникає при наявності на ринку декількох монополістів, які зазвичай підтримують його стабільність; монополістична – боротьба, яка виникає між монополіями, які виготовлять один і той самий товар; чиста – на ринку представлена велика кількість виробників продукції.

Аналіз ринку збуту продукції наведено у табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на промисловому ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1	2	3
Тип конкуренції	Олігополія	Боротьба за потенційних клієнтів із трьома наявними виробниками одорантів
За рівнем конкурентної боротьби	Національний	Конкуренція здійснюється між всіма наявними на національному ринку виробниками одорантів
За галузевою ознакою	Внутрішньогалузева	Застосування одоранту можливе лише в одній галузі – одоризація природного газу
Конкуренція за видами товарів	Товарно-видова	Ведення постійного спостереження за можливістю виходу на ринок нових аналогічних товарів



Продовження табл. 4.8

1	2	3
За характером конкурентних переваг	Нецінова	Боротьба за споживачів шляхом підвищення екологічності продукції, забезпечення якості продукції
За інтенсивністю	Марочна	Забезпечує впізнавання продукції на ринку, виступає об'єктивною характеристикою товару

Більш детально розглянуті умови конкуренції за моделлю М. Портера наведені у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за Портером

Прямі конкуренти	Основними конкурентами є фірми монополісти. Інтенсивність невелика за рахунок відсутності прямих предстаників іноземних підприємств на території України
Потенційні конкуренти	Потенційних конкурентів на промисловому ринку продаж одорантів не має
Постачальники	Сильним фактором є гнучка цінова політика
Клієнти	Факторами загроз є зменшення попиту на продукцію, відсутність прибутку, недовіра до безмакрового продукту
Товари замітники	Етантіол, диметилсульфід
Складові аналізу	Висновки: з огляду на конкурентну ситуацію, вихід на ринок українського одоранту можливий, якщо якість продукції буде забезпечуватися її екологічністю; підприємство зможе взаємодіяти із іншими підприємствами, постійно вдосконалювати продукт та маркувати товар.

Саме фактори конкурентоспроможності формують промисловий ринок. Для даного стартап-проектку їх опис наведений у табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактори конкурентоспроможності	Обґрунтування фактору
1	Екологічність	Кротоновий альдегід в порівнянні із аналогом - етантіолом, має ряд переваг: відсутність сірки у складі сполуки, здійснює менший токсичний вплив на організм людини; мала летючість за нормальних умов
2	Економічність	Ставка податку за викид кротонового альдегіду становить 4016,11 грн/т, це на 13520,31 грн/т менше як за етантіол
3	Безпечність	За токсикологічними характеристиками кротоновий альдегід відноситься до речовин другого класу небезпеки і другого класу токсичності. Показник ступеню небезпеки становить 2,1.
4	Рівень організації процесу виробництва	Забезпечується високий рівень організації шляхом попереднього планування та прогнозування виробництва потрібної кількості товару

За визначеними факторами конкурентоспроможності проведемо порівняльний аналіз проекту із наявним конкурентом на ринку.

Таблиця 4.11 – Порівняльна характеристика сильних і слабких сторін виробництва одоранту кротонового альдегіду

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів конкурентів у порівнянні з ТОВ «Оренбурггазпром»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Низький рівень впливу на навколишнє природне середовище	20			+				
2	Витрати на логістику	12		+					
3	Безпечний рівень впливу	10			+				
4	Коефіцієнт небезпеки	15	+						

Заключним етапом маркетингового дослідження можливостей впровадження стартап проекту є складання SWOT-аналізу (табл. 4.12). Він являється методом оцінки внутрішніх та зовнішніх факторів, які впливають на розвиток підприємства.

Ринкові загрози та можливості складаються на основі детального аналізу факторів, які впливають на формування промислового ринку.

Таблиця 4.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

<p><b>S (сильні сторони) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-екологічність продукції;</li> <li>-стабільність цінової політики;</li> <li>-розміреність підприємства на території України;</li> <li>-можливість виготовлення одоранту на будь-якому хімічному підприємстві;</li> <li>-мінімальні затрати на логістику;</li> <li>-низька собівартість виготовленого товару;</li> <li>-наявність людських ресурсів для -забезпечення діяльності;</li> <li>-доступ до ресурсів.</li> </ul>	<p><b>W (слабкі сторони):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-наявність на ринку впливових виробників товару;</li> <li>-здійснення навантаження на навколишнє природне середовище;</li> <li>-відсутність програм по розвитку галузі виробництва одоранту на території України;</li> <li>-відсутність налагодженої схеми збуту продукції;</li> <li>-зміна економічних тенденцій;</li> <li>-зменшення кількості проданої продукції.</li> </ul>
<p><b>О (можливості):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-привабливість для іноземних інвестицій;</li> <li>-зростання рівня використання одорантів;</li> <li>-вихід на міжнародний ринок;</li> <li>-збільшення прибутку за рахунок надання технічного обслуговування після продажу товару.</li> </ul>	<p><b>Т (загрози):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-велика інфляція;</li> <li>-зменшення зацікавленості у продукті;</li> <li>-поява на ринку більш екологічного продукту;</li> <li>-недосконалість законодавчої бази;</li> <li>-відсутність ресурсу для синтезу одоранту .</li> </ul>

На основі сформованого SWOT-аналізу проаналізуємо можливі альтернативи ринкової поведінки впровадження виробництва кротонового

альдегіду - одоранту природного газу на території України та оптимального часу виходу на ринок із готовим товаром (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтований комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Підвищення конкурентоспроможності за рахунок сильних сторін проекту	Висока	Упродовж 6 місяців
2	Підвищення конкурентоспроможності за рахунок ринкових можливостей	Висока	Упродовж 1 року
3	Отримання екологічної продукції	Висока	Упродовж 6 місяців

Після аналізу були обрані заходи, які орієнтовані на отримання екологічної продукції, так як в даній галузі екологічні характеристики мають найбільший вплив.

Умови функціонування підприємств на промисловому ринку визначаються їхньою стратегією. Під ринковою стратегією розуміється комплекс рішень, які визначають асортимент та обсяг виробленої продукції, способи її реалізації. Для вибору стратегії спочатку здійснимо опис цільових груп споживачів товару (табл. 4.14).

Цільовими групами споживачів на промисловому ринку (B2B) є інші промислові компанії або корпоративні клієнти. Ринок характеризується легітимними факторами, які визначаються державою та глобальними ринками. Тема співпраці між та координації між об'єктами промислового ринку є однією із головних.

Таблиця 4.14 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи сегменту	Інтенсивність у сегменті	Простота входу у сегмент
1	Компанії першого рівня компанії (закуповують одорант безпосередньо у виробників)	Готові	Високий	Середня	Середня
2	Компанії другого рівня (закуповують одоранти переважно в компаній першого рівня)	Готові	Високий	Висока	Середня

Одорант природного газу кротоновий альдегід можуть купувати як перші, так і другі групи споживачів.

Диференційований маркетинг дає змогу досягти високого ступеня задоволення потреб окремих споживачів, підприємство переважно реалізує їм товари у великих обсягах.

Стратегія диференціації маркетингу передбачає надання товару особливих відмінностей від існуючих товарів конкурентів. Серед конкурентної продукції тільки кротоновий альдегід відноситься до II класу небезпеки, а всі інші до I. Це зумовлює більшу екологічну безпеку ГСР при використанні даної продукції.

Характеристика обраної стратегії наведена у табл.4.15.

Таблиця 4.15 - Визначення базової стратегії розвитку проекту

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентноспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Екологічна стратегія диференціації	Ринкове позиціонування	Диференціація змінює ступінь замінності продукту, збільшує прихильність до марки товару, здатна зменшити чутливість ціни чим піднімає ренатабельність; особливі відмінності захищають від виходу товарівзамінників на ринок	стратегія диференціації

Відповідно до вимог споживачів кожного сегменту до виробників та товару розробимо стратегію конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першо- прохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкуренті?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Одоранти вже представлені на ринку, однак без сірковий одорант на українському ринкові представлений вперше	Компанія буде здійснювати продаж новим та існуючим споживачам	Компанія буде здійснювати виробництво відмінної продукції від існуючого, головною перевагою якої буде екологічність та безпечність	Наслідування лідера - головною перевагою якої є економія ресурсів на, які витрачаються на утомання домінуючого положення.

Наступним пунктом аналізу стартап-проекту є вибір стратегії позиціювання, який наведений у табл. 4.17.

Таблиця 4.17 - Визначення стратегії позиціювання

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
Одорант повинен відповідати наступним вимогам: наявність специфічного сильного запаху, не спричиняти корозію внутрішньої оболонки тіла труби газопроводу, здійснення мінімального впливу на довкілля, в тому числі на здоров'я людей, не вступати у хімічну реакцію із газом	Диференціації	До конкурентних переваг відносяться екологічні показники одоранта, відсутність летючості одоранта при нормальних умовах, ціна відповідає якості товару, підвищує екологічну безпеку підприємства, яке використовує даний одорант, маркований товар	Екологічні показники одоранта; безпечність при перевозках товару; український сертифікований продукт.

Для формулювання маркетингової програми перш за все потрібно зробити вибір її концепції. Вибір основних сильних сторін наведено у табл. 4.18.

Таблиця 4.18 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Необхідна «ідеальна» сполука, яка одоризації природного газу	Високоякісна українська продукція	Відповідність до нормативних документів ДСТУ 3377-96;ТУ-51-81-82; ТУ У 6-04687873.021-95
	Екологічність	Підвищення екологічної безпеки ГРС за рахунок використання кротонового альдегіду в якості одоранта
	Відкритість до співпраці	Співпраця з будь-якими підприємствами, які зацікавлені у продукті
	Мінімальний вплив на людину	Виникнення ризику захворювання при вдиханні парів одоранту зневажливо мале, $HQ = 0,05639$
	Безпека у використанні	Мала вибухонебезпечність зумовлюється відсутністю летючості за нормальних умов навколишнього природного середовища

Для остаточного розуміння, як саме виглядатиме товар на ринку розробляється його трьохрівнева модель. Опис складових кожного рівня моделі наводиться у табл. 4.19.

Таблиця 4.19 - Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
1	2
I. Товар за задумом	Виготовлення одоранту, запах якого в малих концентраціях буде відчутний при витоках природного газу із комунікацій газотранспортної системи
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	1. Хімічна сполука із виразним, чітким, неприємним запахом. 2. Не містить сірки у своєму складі. 3. Фізико-хімічні та гігієнічні показники одоранта: ГДК у атмосферному повітрі населених пунктів – $0,025 \text{ мг/м}^3$ ; ГДК у повітрі робочої зони – $0,5 \text{ мг/м}^3$ ;



Продовження табл. 4.19

1	2
II. Товар у реальному виконанні	температура самозаймання – плюс 2320 °С; концентраційні межі розповсюдження полум'я – 2,1 – 15,5%; нижня температурна межа займання – плюс 100 °С; температура замерзання – мінус 690 °С.
	Якість: відповідність ДСТУ 3377-96; ТУ-51-81-82; ТУ У 6-04687873.021-95
	Пакування: спеціальні герметичні ємності різних об'ємів, які забезпечують безпечність перевозок та зберігання продукту.
	Марка: назва організації-розробника + назва товару
III. Товар із підкріпленням	Надання додаткових послуг : проведення інструктажу по роботі з товаром, доставка товару здійснюється відповідно до прописаних у договорі термінам, надання знижки при повторному замовленні товару.
Товар буде захищений від копіюванням шляхом оформлення патента на корисну модель, реєстрацією марки продукту та його назви	

Наступним пунктом є визначення ціни на виготовлену продукцію. Аналіз цін проводиться експериментальним методом, він показаний у табл. 4.20.

Таблиця 4.20 - Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
36792,61-75000 грн за 1 тонну одоранта	Товари-аналоги відсутні на українському ринку одорантів	Рівень доходу у споживачів постійний, але залежить від обсягів продаж їхнього продукту	Нижня - 30000 грн/т Верхня - 40 000 грн/т

Верхня та нижня межі цін були встановлені шляхом аналізу цін на українському ринку.

Для здійснення продаж на ринку потрібно сформувати свою систему збуту товару на ринку. Збут є системою заходів, потрібних для потрапляння товару від виробника до споживача. Загальна характеристика збуту одоранта на промисловому ринку наведена у табл. 4.21.

Стратегією збуту для даного товару є інтенсивний поділ, який характеризується максимальним охопленням ринку.

Таблиця 4.21 - Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Каналу збуту	Оптимальна система збуту
Компанія, яка хоче придбати одорант безпосередньо заключає договір із виробником або у приймає участь у відкритих торгах і віддає перевагу найкращій пропозиції	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Транспортування</li> <li>-встановлення контактів із споживачами;</li> <li>-проводити інформування, щодо безпечної експлуатації продукта</li> <li>- надання гарантій;</li> <li>-забезпечення доступності товару у тій кількості, яка потрібна</li> </ul>	Одно рівневі - від виробника відразу до споживача; дворівневі - продаж через посередників	Оптимальною системою збуту буде - традиційна. Вона характеризується незалежністю один від одного виробника оптових чи роздрібних торговців.

Фінальною складовою маркетингового аналізу старта-проекту «Синтезу кротонового альдегіду» є розроблення концепції маркетингових комунікацій (табл. 4.22). Вона охоплює діяльність підприємства, яка спрямовується на інформування споживачів щодо виробленої продукції.

Інформація для споживачів надається за допомогою засобів масової інформації у вигляді реклами.

Таблиця 4.22 - Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного зведення
Використання більш екологічно безпечного продукту з урахуванням економічної вигоди	Участь у виставках, семінарах, форумах; Реклама у соцмережах, спеціалізованих газетах	Екологічно-токсикологічні показники продукту, нові технології	Звернути увагу на новий продукт на ринку, зацікавити їх до використання саме цього товару	Використання кротонового альдегіду забезпечить екологічну безпеку підприємства, та дасть змогу скоротити його санітарно-захисну

#### 4.2 Розрахунок еколого-економічного ефекту

Величина чистого еколого-економічного ефекту розраховується за наступною формулою [57]:

$$E_n = P - B, \quad (4.1)$$

де  $E_n$  – еколого-економічний ефект, грн.;

$P$  – економічний результат природоохоронних рішень, грн.;

$B$  – річні витрати, грн.

Спочатку розрахуємо економічний результат впровадження кротонового альдегіду в якості одоранту за формулою (4.2):

$$P = Y_{\text{пр}} + \Delta D, \quad (4.2)$$

де  $Y_{\text{пр}}$  – попередній економічний збиток, грн.,

$\Delta D$  - додатковий дохід, грн.

Попередній економічний збиток розраховується за формулою (4.3):

$$Y_{\text{пр}} = \Delta P + \Delta Z, \quad (4.3)$$

де  $\Delta P$  – річний економічний ефект, грн.,

$\Delta Z$  – річні збитки, грн.;

Річний економічний ефект визначається за формулою (4.4), розміри відшкодування збитків за наднормовий викид забруднюючої речовини у атмосферне повітря – за формулою (4.5) [ 57].

$$\Delta P = P_{BC1} - P_{BC2}, \quad (4.4)$$

де  $P_{BC1}$  - сума податку за викид етан тіолу, грн/рік;

$P_{BC2}$  - сума податку за викид кротонового альдегіду, грн/рік.

$$Z = 1,1P \cdot K_T \cdot K_{zi} \cdot M_i \cdot A_i, \quad (4.5)$$

де  $P$  – податок за викид однієї тонни умовної забруднюючої речовини, грн;

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує територіальні особливості ( $K_T=1,26$ );

$K_{zi}$  – коефіцієнт, що залежить від рівня забруднення атмосфери ( $K_z=1,5$ );

$M_i$  – маса і-тої забруднюючої речовини, т (визначена у 2 розділі);

$A_i$  – безрозмірний коефіцієнт відносної небезпечності і-тої забруднюючої речовини, який визначається за наступною формулою:

$$A_i = 1/\Gamma DK_i, \quad (4.6)$$

де  $ГДК_i$  – гранично добова допустима концентрація забруднюючої речовини,  $мг/м^3$ .

Збитки при використанні етантіолу  $З_1$  та кротонового альдегіду  $З_2$  на ГРС розраховуються за формулою (4.5).

Розрахуємо  $A_i$  для етантіолу за формулою (4.6):

$$A_{i_1} = \frac{1}{3 \cdot 10^{-5}} = 33333,33$$

$$A_{i_2} = \frac{1}{0,025} = 40$$

Економічний збиток розраховуємо за формулою (4.5):

$$З_1 = 1,1 \cdot 17536,42 \cdot 1,26 \cdot 1,5 \cdot 0,0041 \cdot 33333,33 = 4982622,515 \text{ (грн/т)}$$

$$З_2 = 1,1 \cdot 4016,11 \cdot 1,26 \cdot 1,5 \cdot 0,0041 \cdot 40 = 1369,3168 \text{ (грн/т)}.$$

Різниця між збитками наступна:

$$\Delta З = 4982622,515 - 1369,3168 = 4981253,199 \text{ (грн/т)}.$$

Розрахуємо річний економічний ефект за формулою (4.4):

$$\Delta П = 17536,42 - 4016,11 = 13520,31 \text{ (грн/рік)}.$$

Попередній економічний збиток дорівнює:

$$У_{np} = 13520,31 + 4981253,199 = 5116773,509 \text{ (грн)}.$$

Інший додатковий дохід на підприємстві відсутній.

$$\Delta D = 0 \text{ (грн)}$$

За формулою (4.2) розраховує економічний результат використання кротонового альдегіду в якості одоранта природного газу .

$$P = 5116773,509 + 0 = 5116773,509 \text{ (грн)}.$$

Річні витрати на впровадження стартапу визначається за формулою:

$$B = C + E_n \cdot K, \quad (4.7)$$

де  $C$  – експлуатаційні витрати за рік, грн;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень (коефіцієнт дисконтування),  $E_n = 0,15$ ;

$K$  – одноразові капіталовкладення, грн.

Експлуатаційні витрати розраховуються за наступною формулою:

$$C = C_{ел.} + C_{зн.} + C_p + C_c, \quad (4.8)$$

де  $C_{зн.}$  – мінімальна заробітна плата в Україні , грн/рік ( 44676 грн/рік [58]);

$C_p$  – річні витрати на ремонт обладнання (5000 грн) [59];

$C_c$  – витрати на закупівлю сировини для синтезу, грн (800000 грн [50]);

$C_{ел.}$  – річні витрати електроенергії, необхідної для роботи установки, грн.;

$$C_{ел.} = M \cdot \Pi \cdot T, \quad (4.9)$$

де  $M$  – потужність установки, що складає 712 Вт або 7,12кВт;

Ц – ціна 1 кВт електроенергії для 1 класу напруги (1,43119грн/кВт)[61];

Т – час роботи обладнання (2500 год/рік).

$$C_{\text{ел.}} = 7,12 \cdot 1,43119 \cdot 2500 = 25475,183 \text{ (грн)}$$

Експлуатаційні витрати визначаємо за формулою 4.10:

$$C = 44676 + 25475,183 + 5000 + 500000 = 875151,183 \text{ (грн)}$$

Одноразові капітальні вкладення складають 1500000 грн [59].

Отже річні витрати на запровадження стартап-проекту складатимуть:

$$B = 875151,183 + 0,15 \cdot 1500000 = 1100151,181 \text{ (грн)}$$

Розмір чистого економічного річного ефекту розрахований за формулою (3.1) складає:

$$E_n = 5116773,509 - 1100151,181 = 4016622,328 \text{ (грн)}$$

Термін окупності даного стартап-проекту розраховується за формулою:

$$T_{\text{ок}} = B/E_n = 1100151,181 / 4016622,328 = 0,27 \text{ роки} \quad (4.10)$$

#### Висновки до розділу 4

В даному розділі був здійснена комплексна оцінка можливості виходу на ринок одоранту кротонового альдегіду. Визначено, що областями застосування ідеї є сфери «Енергетики та комунальних послуг», «Хімічної промисловості». Товар відноситься до промислового ринку.

Розглянувши сильні та слабкі сторони проекту, можна зробити висновки, що ідея проекту є актуальною на українському промисловому ринку, однак технології, по яким здійснюється виробництво кротонового альдегіду потребують доопрацювання.

Так як на ринку конкуренція представлена олігополією, тому бар'єр виходу на ринок є середнім. Для виходу на ринок було вибрано диференційовану стратегію, яка передбачає встановлення чітких відмінностей від товару конкурентів.

Конкурентами у даній галузі є виробники одоранту етилмеркаптану та компанії-посередники, які його перекуповують.

Економічний ефект стартап-проекту становить 4016622,328 грн, термін окупності – 0,27 року.

Впровадження даного стартап-проекту дасть можливість зекономити кошти на закупівлі іноземного одоранту та підвищити екологічну безпеку на ГРС України.



## ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація присвячена питанню підвищення екологічної безпеки газорозподільних станцій.

З аналізу літературних джерел встановлено, що одним із шляхів вирішення даного питання є використання менш токсичної речовини, ніж етантіол для одоризації природного газу.

1. В магістерській дисертації запропоновано використання кротонового альдегіду в якості одоранту природного газу.

2. Встановлено, що кротоновий альдегід має ряд переваг перед етантіолом, зокрема це доступність, велика екологічна безпека, яка зумовлена відсутністю сірки у структурному складі речовини.

3. Проведена оцінка впливу викидів ЗР на НПС показала, що максимальні приземні концентрації кротонового альдегіду не перевищують допустимі значення і становить  $0,02007 \text{ мг/м}^3$ , а для етантіолу максимальна приземна концентрація перевищує ГДК у 68 разів.

4. Проведена оцінка впливу викидів ЗР на здоров'я людей показала, що кротоновий альдегід має зневажливо малий ефект. Коефіцієнт небезпеки для кротонового альдегіду становить  $HQ = 0,05639$ .

5. Встановлена залежність викиду забруднюючої речовини, яка надходить в навколишнє природне середовище під час експлуатації блоку одоризації, від кількості перекачаного природного газу газорозподільною станцією, яка має вигляд полінома 3-го ступеня:

$$y = 0,014x^3 - 1,995x^2 + 94,798x - 1501,5$$

6. Розроблено стартап-проект синтезу кротонового альдегіду на території України. Економічний ефект, якого становитиме 4016622,328 грн, термін окупності – 0,27 року.

Використання кротонового альдегіду на блоці одоризації забезпечить підвищення екологічної безпеки ГРС України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lide D. R. CRC Handbook of Chemistry and Physics . Boca Raton (FL) : CRC Press, 2005. 2656 p.
2. Ярмошик І. М. Одоризація природного газу на грс України: матеріали І науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ, м. Київ, 21-22 листопада 2018 р. Київ, 2018. С.9-10.
3. Salem H. Ingulation toxicities of some aldehydes. Toxicol. and Alieed Pharmacol. 1990. 93с.
4. Ковальов Б. К. Некоторые проблемы одоризации газа. Вестник газпромаша. 2013. №1. С. 88-92.
5. Гаврилов Л. Е. Одоризация топливных углеродных газов коммунально-бытового назначения как элемент обеспечения пожаро- и взрывобезопасности. Журнал «Пожаровзрыво безопасность Московский институт коммунального хозяйства и строительства». 2003. №2 С. 49-54.
6. Неретин Д.А., Шабанов К.Ю., Красников П.Е. Экологически безопасный метод утилизации ёмкостей хранения одоранта природного газа . ООО «Газпром трансгаз Самара» Самарського державного технічного університету. 2012. С.12-17.
7. Хилькевич Т. В. Современные представления о токсических свойствах одорантів природного газа: дис. на здобуття канд.. біол. наук: 18.05.2005 / Институт екогигиены и токсикологи им. Л.И. Медведя. м. Київ. 2002 р. 250 с.
8. Гаврилов Л.Е. Одоризация природных газов. Использование газа в народном хозяйстве. Москва: ВНИИЭгазпром. 1971. № 11. С. 17-21.
9. Марчук Я. С., Казановський О. А. Впровадження нової технології нейтралізації газових викидів одоранту на підприємствах магістральних газопроводах УМГ «Укртрансгаз». Харків. 2007. С. 145 .
10. Газорозподільні станції: правила технічної експлуатації магістральних газопроводів. URL: <http://forca.com.ua/knigi/pravila/pravila->

tehnichnoi-ekspluatacii-magistralnih-gazoprovodiv\_7.html (дата звернення: 22.10.2018).

11. Крайзельман С. М., Тимофеев Н. В., Коган Р. Е. Монтаж і зварювання магістральних трубопроводів: навч. посіб. Москва, 1956. 122 с.

12. Зарембо К. С. Справочник по транспорту горючих газов, Київ: Поліграфія. 1997. 89 с.

13. Комплекс одоризації газу. URL: [http://www.dgt.com.ua/index3\\_u.html](http://www.dgt.com.ua/index3_u.html) (дата звернення: 22.11.2018).

14. КСОГ-4К дозирование - с помощью дозирующего насоса. URL: <https://kontakt-gas.com/regulyator-davleniya-gaza/rdo-e/106-oborudovanie-ru/semejstvo-kompleksov-odorizatsii-gaza-tipa-ksog.html> (дата звернення: 22.11.2018).

15. Комплекс одоризации газа автоматический, руководство по эксплуатации. URL: [http://www.dgt.com.ua/prod/flo-tm-d/flo-tm-d\\_re.pdf](http://www.dgt.com.ua/prod/flo-tm-d/flo-tm-d_re.pdf) (дата звернення: 26.11.2018).

16. Вредные вещества в промышленности: справочник / под редакцией Н.В. Лазарева. Львів: Химия. 1976. 126 с.

17. Одоризація газу URL: [http://earat.ucoz.com/news/odorizacija\\_gaza\\_ili\\_chem\\_my\\_dyshim/2013-06-24-27](http://earat.ucoz.com/news/odorizacija_gaza_ili_chem_my_dyshim/2013-06-24-27) (дата звернення: 27.11.2018).

18. Ластухін О. Ю. , Воронов С. А. Органічна хімія: навч. посіб. Львів: Центр Європа. 2006. 157 с.

19. Вредные вещества в промышленности: навч. посіб. / за ред. Н.В. Лазарева. Київ: ЦУЛ, 1976. 84 с.

20. Блинова Э.А. Токсикологическая характеристика этилмеркаптана по данным хронических опытов. Журнал Гигиена труда и проф. заболев. 1964. № 6. С. 55-58.

21. Мансфельд Г. GASODOR™S-Free™ первый бессернистый одорант для природного газа .Газовая промышленность, 2002. №12 - С.86.

22. Калименова О. А. Разработка новых эффективных одорантов природного газа: дис. на здобуття канд. тех. наук: 05.05.2008 / Астраханский государственный технический университет. м. Астрахань. 2008 р. 150 с.

23. Кротоновый альдегид URL: <https://analytexpert.ru/catalog/chim-reaktivy/dlya-sinteza/10093> (дата звернення: 12.11.2018).

24. Бухтиарова, Хоменко В. С. Характеристика современных одорантов газа. Институт фармакологии и токсикологии АМН Украины. 2006. С. 28-31.

25. Мешкова В. О. Хімія пошагова підготовка: навч. посіб. Київ. 2018. 155 с.

26. Альдегіди і кетони URL: [http://edufuture.biz/index.php?title=%D0%90%D0%BB%D1%8C%D0%B4%D0%B5%D0%B3%D0%B8%D0%B4%D1%8B\\_%D0%B8\\_%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D1%8B](http://edufuture.biz/index.php?title=%D0%90%D0%BB%D1%8C%D0%B4%D0%B5%D0%B3%D0%B8%D0%B4%D1%8B_%D0%B8_%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D1%8B) (дата звернення: 30.11.2018).

27. Курт С. А. Лучкевич Є. Р, Матківський М. П. Хімія органічних сполук: підручник для вищих навчальних закладів. Івано-Франківськ: Прикарпат. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2012. 608 с.

28. Salem H. Inhalation toxicities of some aldehydes. Toxicol. and Allied Pharmacol. 1990. 93с.

29. Handbook of Poisoning. Tenth ed. Los Alton, California. 1995. 578 p.

30. Заугольников С.Д., Коганов М.М., Лойт А.О., Ставчанский И.И. Экспрессные методы определения токсичности и опасности химических веществ. Москва: Медицина, 2008. 184 с.

31. Правила безопасной эксплуатации магистральных газопроводов (НПАОП 60.3-1.03-04) URL: [https://dnaop.com/html/44429\\_22.html](https://dnaop.com/html/44429_22.html) (дата звернення: 20.10.2018).

32. Альдегіди URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2717/aldegidi> (дата звернення: 20.11.2018).

33. СОУ 60.3-30019801-100:2012 Газ природний горючий. Визначення обсягів витрат природного газу на виробничо-технологічні потреби під час

його транспортування газотранспортною системою та експлуатації підземних сховищ газу. [Чинний від 2012-02-04.]. Вид. офіц. Київ: Наука УЦЕБОПнафтогаз, 2012. 35 с.

34. Peaceman D.W. Fundamentals of Numerical Reservoir Simulation. Amsterdam: Oxford. 1977. P 33-35.

35. Розгонюк В. В. Удосконалення методики діагностування технічного стану та способів ремонту магістральних газопроводів: дис. канд. техн. наук: 05.15.13 / Івано-Франківський держ. техн. ун-т нафти і газу. Івано-Франківськ, 2000. 267 с.

36. Щодо техрегламенту проведення експлуаційних робіт, пов'язаних із втручанням газу з ділянок: Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 27.02.2009. №12.

37. Крылов В.М. Формальные математические модели. URL: [http://chemanalytica.com/book/novyuy\\_spravochnik\\_khimika\\_i\\_tekhnologa/09\\_protsessy\\_i\\_apparaty\\_khimicheskikh\\_tekhnologiy\\_chast\\_I/5198](http://chemanalytica.com/book/novyuy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/09_protsessy_i_apparaty_khimicheskikh_tekhnologiy_chast_I/5198) (дата звернення: 20.11.2018).

38. Щодо використання програмних продуктів в галузі охорони атмосферного повітря: лист Міністерства екології та природних ресурсів від 14.04.2006 р №3450/19/4-8.

39. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Госкомгидромет. – Львов: Гидрометеоздат. 2003. 94 с.

40. Зилитинкевич С. С. Атмосферная турбулентность и планетарные пограничные слои. Москва. 2013. 246 с.

41. Гранично допустимі концентрації та орієнтовні безпечні рівні дії забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. URL: <http://www.mcl.kiev.ua/wp-content/uploads/2017/10/OBRV-2017.pdf> (дата звернення: 01.12.2018).

42. Щодо встановлення фонових концентрацій ЗР: лист Департаменту екології Львівської обласної державної адміністрації від 28.08.2018 р №342/08-12.

43. Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) ПП «Тебодін Україна». URL: [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/pp/compliance/C201387/Communication/Annexes/4.\\_Environmental\\_Impact\\_Assessment\\_\\_EIA\\_.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/pp/compliance/C201387/Communication/Annexes/4._Environmental_Impact_Assessment__EIA_.pdf) (дата звернення: 01.11.2018).

44. Про методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: наказ МОЗ України від 13.04.07 № 184.

45. Рибалова, О. В. Оцінка ризику для здоров'я населення в Луганській області. XXI міжнародна наукова-технічна конференція «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів» : зб. наук. праць XXI Міжнар. наук.-практ. конф. Харків. 2013. С. 309- 322.

46. Тимофеева С.С. Экологическая химия сернистых соединений: наук. пос. Москва: Наука. 1991. 68 с.

47. Бергтаум Д. І. Фізіологія людини: конспект лекцій. Львів. 2013. 52 с.

48. Головацький А. С Анатомія людини: навч посіб. Вінниця. 2015. 456 с.

49. Оператор газорозподільної станції 4-го розряду. Посадова інструкція. URL: [http://www.borovik.com/index\\_instruction.php?Gins=qwnycs&lang\\_i=1](http://www.borovik.com/index_instruction.php?Gins=qwnycs&lang_i=1). (дата звернення: 09.11.2018).

50. Єндик М. О. Техпаспорт ГРС. Львів. 2015. 25 с.

51. Рижий А. В. Технічний звіт оператора ГРС. Львів. 2017. 57 с.

52. Ремез Н.С., Мейш В.Ф., Лучко І.А. Чисельні методи розв'язання навчальних і науковотехнічних задач: навч. посіб. у 2 ч. Київ: НТУУ «КПІ». 2001. Ч. II. 248 с.

53. Рішення №330-р антимонопольного комітету України 2017 рік.  
URL: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/FN033114.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FN033114.html). (дата звернення: 21.11.2018).

54. Ставки екологічного податку (станом на 01.01.2018 р.) URL: <https://dtkr.com.ua/show/0sid0178.html> (дата звернення: 09.12.2018).

55. Школьник І.О., Леонов С.В., І.М. Боярко. Фінансовий стан підприємств України: аналітичний статистичний огляд. Державний вищий навчальний заклад «Українська академія банківської справи Національного банку України». Суми: ДВНЗ «УАБС НБУ». 2013. 69 с

56. Макконнел К. Принципи, проблеми й політика: пер. с англ. 2-го изд. Киев: Хагар-Демос, 1993. - С.613.

57. Еколого-економічна оцінка природних ресурсів. URL: [http://ebooktime.net/book\\_337\\_glava\\_99\\_7.html](http://ebooktime.net/book_337_glava_99_7.html) (дата звернення: 09.12.2018).

58. Розмір мінімальної заробітної плати. URL: <https://www.golovbukh.ua/article/7055-mnmalna-zarobtna-plata-v-2018-rots> (дата звернення: 09.12.2018).

59. Аналитическое оборудование URL: <https://chemtest.com.ua/ua> (дата звернення: 09.12.2018).

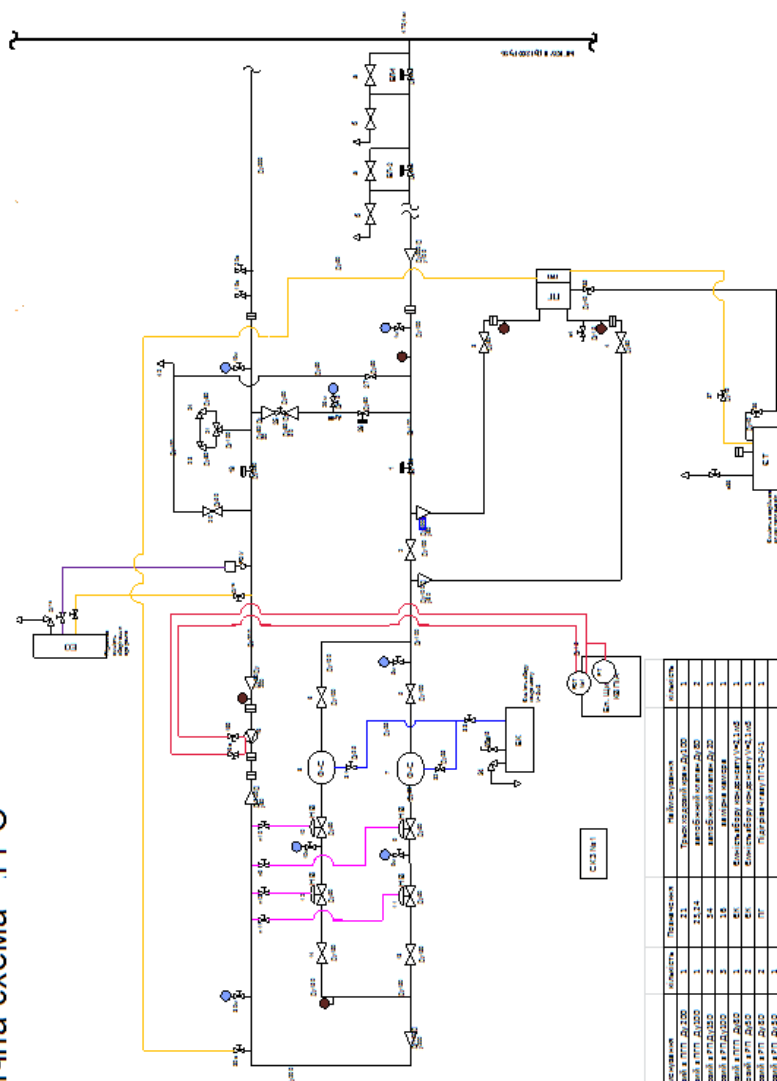
60. Купити ацетатний альдегід URL: <https://doneck.flagma.ua/uksusny-aldegid-o3775461.html> (дата звернення: 09.12.2018).

61. Тарифи на електроенергію URL: <http://index.minfin.com.ua/tarif/electric> (дата звернення: 09.12.2018).

## Додаток А

### Технологічна схема ГРС

# Технологічна схема ГРС



Схему склада: начальник службы ГРС

[illegible]



89

## Додаток В

### Метеорологічні характеристики і коефіцієнти



Державна служба України з надзвичайних ситуацій  
Львівський регіональний центр з гідрометеорології  
(Львівський РЦГМ)

79044, вул. Генерала Чупринки, 58а, м. Львів.  
e-mail: [pgdlviv@meteo.gov.ua](mailto:pgdlviv@meteo.gov.ua); [apgdvlviv@meteo.gov.ua](mailto:apgdvlviv@meteo.gov.ua)

тел./факс: (032) 238-96-68  
(032) 292-07-74 (032) 292-19-76

13 серпня 2018 р. № 30-23-18/ 735  
На № 76/08 від 08.08.2018 р.

Директору ТОВ «НВП  
«ЕКОЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ»  
Столяровій Н.Г.

Метеорологічні спостереження за станом погодних умов проводяться лише на стаціонарних пунктах - метеорологічних станціях.

Метеорологічні характеристики і коефіцієнти, які визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для АГРС Болотня, яка знаходиться за адресою: 81261, с. Болотня, Перемишлянський район, Львівська область, надаємо за даними метеорологічної станції Львів, яка розташована на території аеропорту Львів і найближча до вказаного населеного пункту.

Найменування характеристик	Величина
Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери, А	200
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, T °C	22,7
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця року (для котельних, які працюють за опалювальним графіком), T °C	-3,1
Середньорічна роза вітрів, %	
П	7,4
ПС	5,7
С	9,5
ПдС	20,9
Пд	8,9
ПдЗ	11,7
З	23,3
ПЗ	12,6
Швидкість вітру (за середніми багаторічними даними), повторення перевищення якої складає 5%, U* м/с	12-13

Примітка: середня повторюваність напрямку вітру обчислена у відсотках від загального числа спостережень за рік без врахування штилю.

Довідка надається замовнику для використання за призначенням і не може змінюватися, виправлятися або передаватися третім особам без письмового дозволу Виконавця.

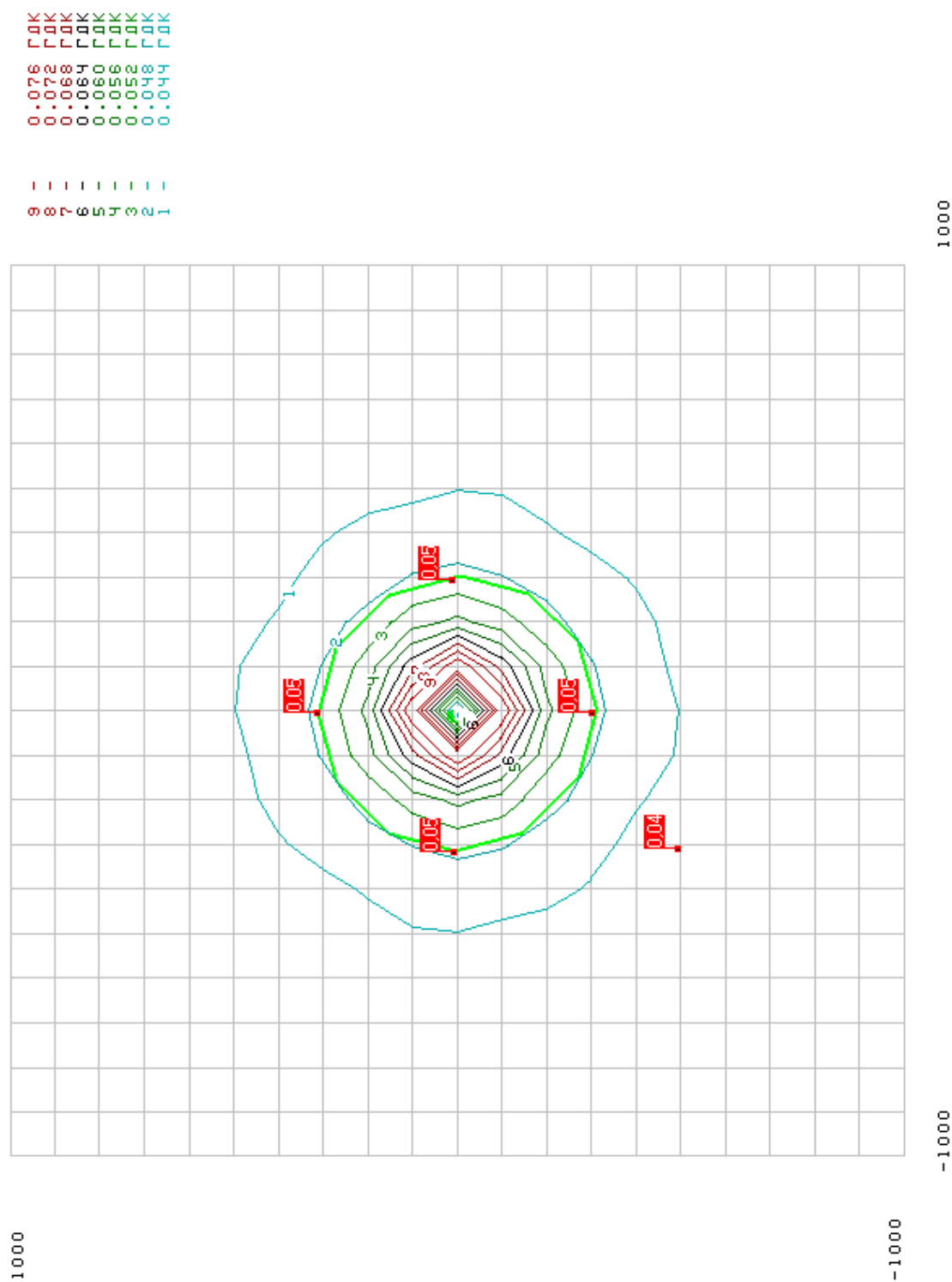
Начальник



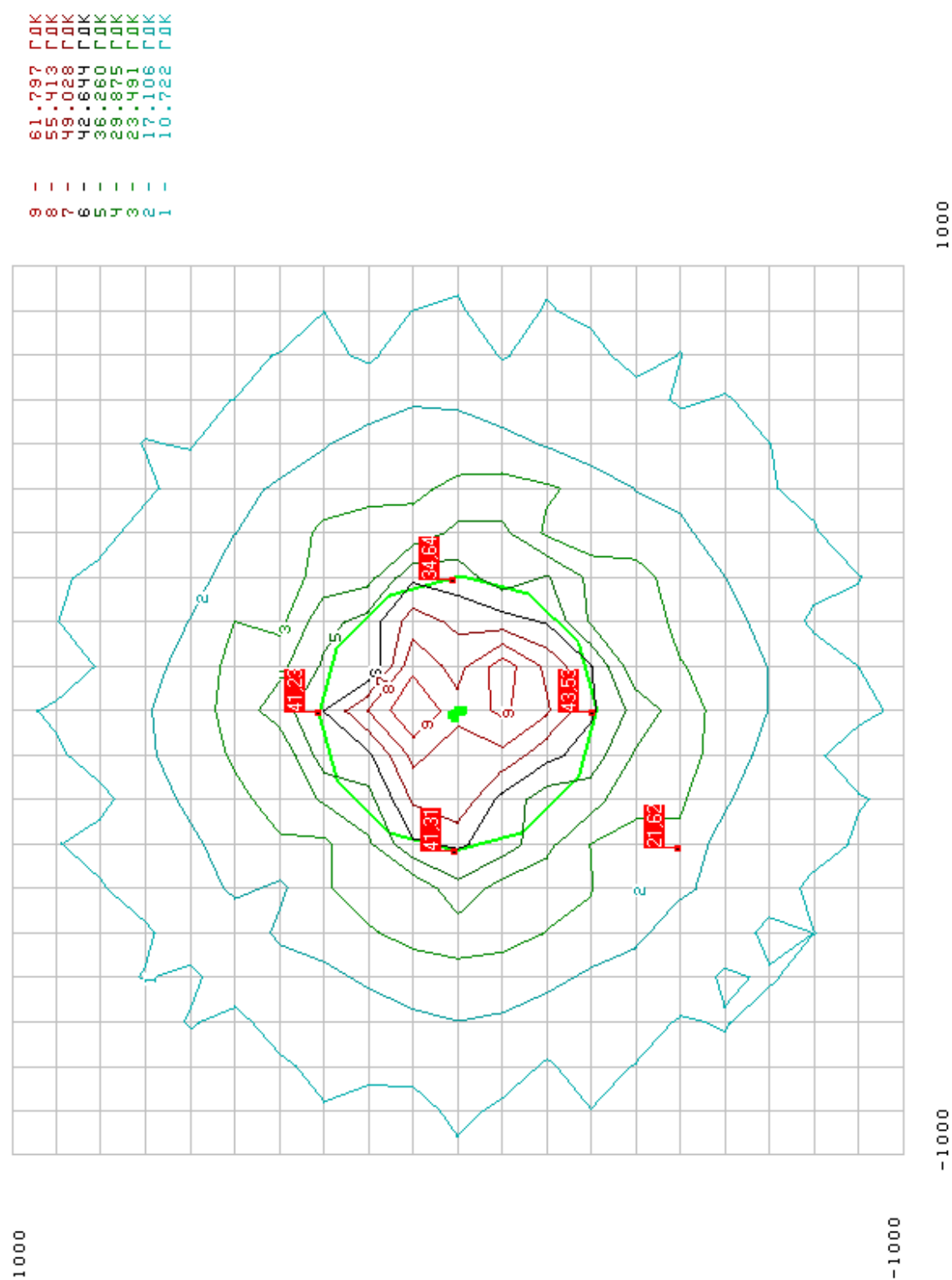
І. З. Федик

Виконавець: Луцан Л., тел (032) 292-58-29

# Додаток Г Карта розсіювання кротонового альдегіду в атмосферному повітрі



# Додаток Д Карта розсіювання етантіолу (етилмеркаптана) в атмосферному повітрі



Додаток Ж  
Ситуаційна карта-схема розміщення ГРС



Масштаб 1 : 5000